Lehrstuhl für Landtechnik
der Technischen Universität München

Modellierung, Realisierung und Validierung eines offenen Managementsystems für agrarmeteorologische Messdaten

Georg Fröhlich

Vollständiger Abdruck der von der Fakultät
Wissenschaftszentrum Weihenstephan für Ernährung, Landnutzung und Umwelt
der Technischen Universität München zur Erlangung des Akademischen Grades eines
Doktor Ingenieurs (Dr.-Ing.)
genehmigten Dissertation

Vorsitzender:
Univ.-Prof. Dr.agr., Dr.agr.habil. H. Auernhammer

Prüfer der Dissertation:
1. Univ.-Prof. Dr.agr., Dr.h.c. (AE Keszthely) J. Schön
2. Univ.-Prof. Dr.-Ing. G. Färber
3. Hon.-Prof. Dr. agr. H. Häckel

Die Dissertation wurde am 30.08.2001 bei der Technischen Universität München eingereicht und durch die Fakultät Wissenschaftszentrum Weihenstephan für Ernährung, Landnutzung und Umwelt am 14.12.2001 angenommen.

An dieser Stelle möchte ich mich bei allen bedanken, die zum Gelingen dieser Arbeit beigetragen haben.

Herrn Prof. Dr. Dr. h.c. J. Schön und Dr. G. Wendl danke ich für die Vergabe des Themas und die fachliche Anleitung.

Herrn Prof. Dr.-Ing. G. Färber und Prof. Dr. H. Häckel danke ich für die Übernahme der Koreferate und Herrn Prof. Dr. H. Auernhammer für die Übernahme des Prüfungsvorsitzes sowie seine stetige Ermutigung bei der Anfertigung der Arbeit.

Dem Rechenzentrum der Bayerischen Landesanstalt für Ernährung, der Abteilung Pflanzenschutz der Bayerischen Landesanstalt für Bodenkultur und Pflanzenbau, der Abteilung Online-Informationsdienste der Bayerischen Landesanstalt für Betriebswirtschaft und Agrarstruktur sowie den in der Arbeit genannten Herstellerfirmen agrarmeteorologischer Systeme gilt mein Dank für die praktische Hilfe und Unterstützung.

Allen Kollegen der Landtechnik Weihenstephan danke ich für die angenehme und konstruktive Arbeitsatmosphäre. Bei Robert Weinfurtner und Klaudia Klindtworth möchte ich mich besonders für die Entlastung von anderen Aufgaben und die Hilfe bei der Korrektur der Arbeit bedanken.

Meiner Familie, insbesondere meiner Frau Angela sowie meinen Kindern Jan und Erik danke ich herzlich für die geduldige Unterstützung und das große Verständnis.

Die vorliegende Arbeit wurde durch das Bayerische Staatsministerium für Landwirtschaft und Forsten und die Europäische Gemeinschaft gefördert.

Freising-Weihenstephan, im Januar 2002

Georg Fröhlich

Inhaltsverzeichnis

Anhang

Abbildungsverzeichnis

Tabellenverzeichnis

Verwendete Abkürzungen und Symbole

Abkürzungen

ADIS/ADED	Agricultural Data Interchange Syntax/Agricultural Data Element Dictionary (Datenübertragungsstandard)
AGM, agm.	Agrar-Meteorologie, agrarmeteorologisch
ANSI	American National Institute of Standards
ASAE	American Society of Agricultural Engineers
ASCII	American Standard Code for Information Interchange
AT	Befehlssatz zur Modem-Steuerung (Industriestandard)
BALIS	Bayerisches Landwirtschaftliches Informationssystem
BayStMELF	Bayerisches Staatsministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten (seit 2001 BayStMLF)
Btx	Biltschirm-Text, auch Datex-J, später t-Online
C	Programmiersprache „C“
CCITT	Comité Consultatif International Télégraphique et Téléphonique (später ITU-T)
CEPT	Conférence Européene des Administrations des Postes et des Télécommunications (Normungsgremium)
CERT	Computer Emergency Response Team, Organisation für Computer- und Netzwerksicherheit
CGI	Common Gateway Interface (Schnittstelle von WWW-Servern)
cgi	Computer Graphics Interface (Normentwurf für Bildaustausch)
CPU	Control Processor Unit (Hauptprozessoreinheit eines Computers)
CSA	Client-Server-Architecture
CSS	Cascaded Style Sheet (Stielvorlagen für WWW-Dokumente)
DIN	Deutsches Institut für Normung
DB2	Data base 2, DBMS der IBM

DBMS	Datenbank Management System (data base management system)
DD	Datenverzeichnis (data dictionary)
DDL	Datenbeschreibungssprache (data definition language),
DFÜ	Datenfernübertragung
DML	Datenmanipulationssprache (data manipulation language)
DOS	Disk operating system (PC-Betriebssystem)
DSS	Decision support system (Entscheidungshilfesystem)
DWD	Deutscher Wetterdienst
EU, EC	Europäische Union (European Community)
EDI	Electronic Data Interchange (DFÜ-Normensystem)
EDV	Elektronische Datenverarbeitung
GIS	Geografisches Informationssystem
GPS	Global Positioning System (Satellitengestütztes Ortungssystem)
html/HTML	Hypertext markup language (Textbeschreibungssprache im WWW)
http/HTTP	Hypertext transfer protocol (Übertragungsprotokoll im WWW)
IBM	International Business Machines (Hersteller)
ISO	International Standard Organization
IT	Informationstechnologie (information technology)
ITU-T	International Telecommunications Union, Standardisierungs-Sektor Telekommunikation
JDBC	Java Data Base Connectivity (Datenbankschnittstelle von Java)
LAN	Lokal Area Network (lokales Netz)
LBS	Landwirtschaftliches Bussystem
LBA	Bayerische Landesanstalt für Betriebswirtschaft und Agrarstruktur
LBP	Bayerische Landesanstalt für Bodenkunde und Pflanzenbau
LDAP	Light-weigt Directory Access Protocol (Internet-Verzeichnisdienst)
LfE	Bayerische Landesanstalt für Ernährung

LKS	Landwirtschaftliches Kommunikationssystem
NFS	Network File System (Internet-Verzeichnisdienst)
ODBC	Open Data Base Connectivity (Offene Datenbankschnittstelle, Industriestandard)
OS	Operating System (Computer Betriebssystem)
OSI	Open Systems Interconnection (Kommunikationsstandard)
OS/2	PC-Betriebssystem der IBM
PC	Personal Computer
RAM	Random access memory, frei beschreibbarer Speicher
ROM	Read only memory, nicht wiederbeschreibbarer Speicher
RS232C	Computerschnittstellen-Norm (entspricht V.24)
RDBMS	Relationales Datenbank Management System (relational data base management system)
RZ	Rechenzentrum
SQL	Structured query language (Datenbankabfragesprache)
TCP/IP	Transport Control Protocol/Internet Protocol (Protokollfamilie, Grundlage der „Internet-Technologie“)
UBA	Bundesamt für Umwelt
URL	Uniform Resource Locator (Dokumentadresse im WWW)
V.24	Computerschnittstellen-Norm (auch V24, entspricht RS232C)
V.42bis	Datenkompressions- und Fehlerkorrekturverfahren bei Modem-Verbindungen
VDI	Vereinigung Deutscher Ingenieure
WAN	Wide Area Network (Weitverbindungsnetz)
WWW, web	World wide web (Oberbegriff für weltweiten Internetzusammenschluss)
XML	Extended markup language (Text- und Datenbeschreibungssprache im WWW)

Symbole

I	elektrischer Strom
U	elektrische Spannung
R	elektrischer Widerstand
T	Temperatur (absolut)
ϑ	Temperatur, relativ zu Tripelpunkt des Wassers „0°C“
t	Zeit

Maßeinheiten

A	Ampere, mA Milliampere
m	Meter
cm	Zentimeter, cm^2 Quadratzentimeter
°C	Grad Celsius (Temperatur, relativ)
Hz	Hertz, MHz Megahertz
K	Kelvin (Temperatur, Absolut)
Ω	Ohm (elektrischer Widerstand)
V	Volt, mV Millivolt

Eingetragene Warenzeichen

Access	Datenbanksystem der Microsoft Corp.
DB2	Datenbankmanagementsystem der IBM Corp.
Excel	Tabellenkalkulationssystem der Microsoft Corp.
Java	Programmiersprache, SUN-Microsystems Corp.
MS-Office	Officeprogramm der Microsoft Corp.
MS-Windows	Betriebssystemfamilie der Microsoft Corp.
Oracle	Datenbankmanagementsystem der Oracle Corp.
proPlant	bzw. proPlant expert, Pflanzenschutz-Beratungssystem der pro_Plant GmbH
SmartSuite	Officeprogramm der Lotus Corp.

1 Einleitung

Wetter- und Klimainformationen haben für die Landwirtschaft eine besondere Bedeutung, da das Klima neben Boden und Pflanze selbst bestimmender Produktionsfaktor im Pflanzenbau und auch für viele weitere Bereiche der Landwirtschaft prozessbestimmend ist [29]. Mit der zunehmenden elektronischen Informationsverarbeitung auf dem Agrarsektor (Buchführung, Betriebsplanung, Ackerschlagkartei) wächst der Bedarf an dafür geeigneten, automatisch erfassten Eingangsdaten. Bereits 1988 wurde mit dem Programm „Umweltgerechter Pflanzenbau" [103] ein System vorgestellt, das basierend auf exakter Datenerhebung und -verwaltung in einer Schlagkartei, durch Laboruntersuchungen und automatisch erfasste Wetterdaten dem Landwirt EDV-gestützte Entscheidungshilfen zur Optimierung von Pflanzenschutz- und Düngemaßnahmen anbietet (Abbildung 1-1).

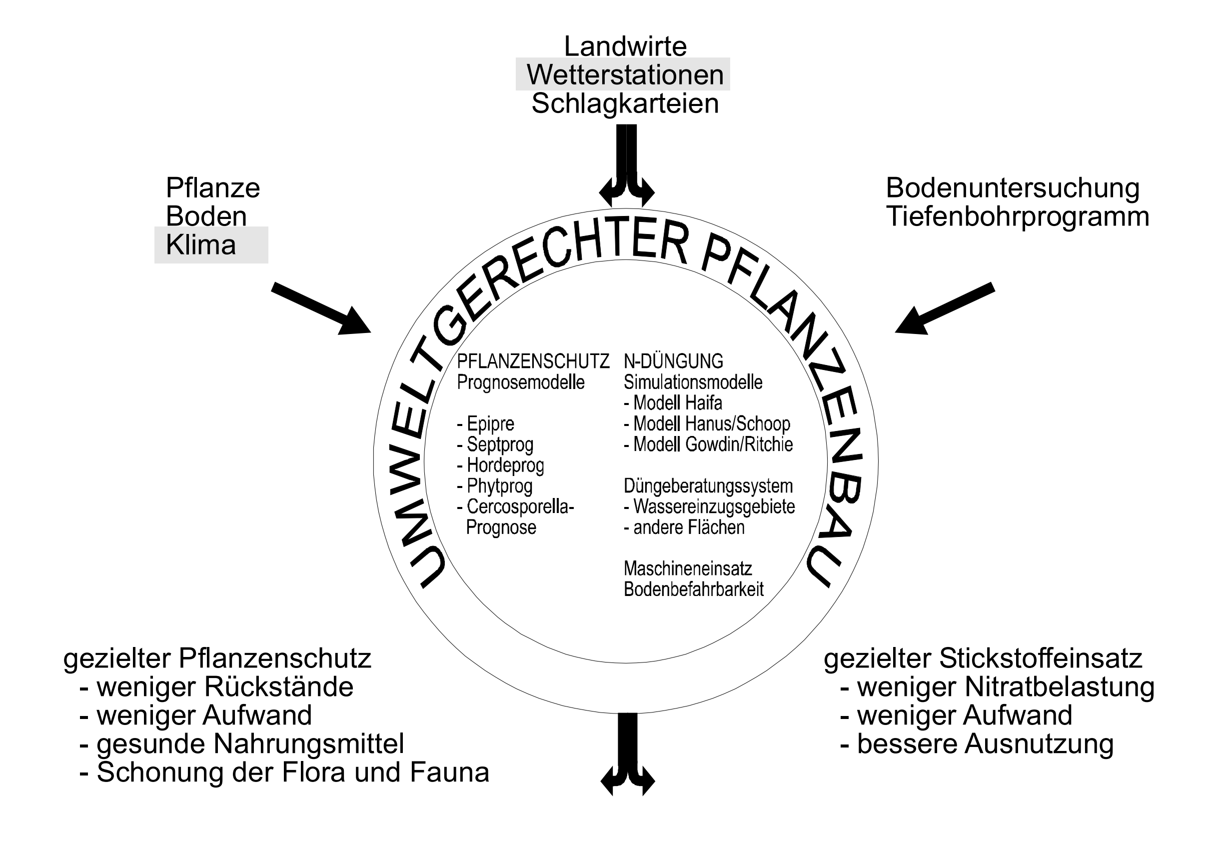


Abbildung 1-1: Übersicht über das Programm umweltgerechter Pflanzenbau (nach [103])

Ziel des Einsatzes solcher Beratungssysteme ist einerseits die reduzierte Anwendung von Pflanzenschutzmitteln, so dass durch weniger Rückstände gesündere Nahrungsmittel erzeugt werden können und Flora und Fauna geschont behandelt werden, andererseits die Verringerung der Nitratbelastung, die insbesondere dem Gewässerschutz dient. Der optimierte

Pflanzenschutz- und Düngemitteleinsatz bewirkt eine bessere Ausnutzung durch geringeren Aufwand an Einsatzstoffen und so neben dem ökologischen auch einen ökonomischen Gewinn. Die klassische Methode zur Vermeidung von Schädlingsbefall und Pflanzenkrankheiten ist die Anwendung von chemischen Pflanzenschutzmitteln in der sogenannten Gesundvariante oder präventiven Krankheits-/Befallsbekämpfung, in der ohne Kenntnis der Befallssituation oder Befallsgefährdung ausgehend von Erfahrungswerten und den ungünstigsten möglichen Umständen große Mengen an Wirkstoffen zu allen kritischen Zeitpunkten an den Pflanzen appliziert werden. Damit wird zwar das Befallsrisiko minimiert, jedoch findet in den meisten Fällen eine Überdosierung statt, die ökonomisch und insbesondere ökologisch unvertretbar ist, da sie neben den hohen Kosten für die Bekämpfungsmittel einen hohen Schadstoffeintrag in die Produkte, die Nachbarkulturen und durch die nicht vollständige Umsetzung der Wirkstoffe auch in den Boden und damit evtl. in das Trinkwasser verursacht.

Da aber der Schädlings- oder Krankheitsbefall an Pflanzen in vielen Fällen von den örtlichen Klimabedingungen abhängig ist [40, 125], kann mit geeigneten Modellen, die regionale Klimadaten wie Luft- und Bodentemperaturen, Niederschlagsaktivitäten, Luftfeuchtigkeit und Sonnenstrahlung als Eingangsdaten verwenden, eine gezielte und dosierte Anwendung von Pflanzenschutzmitteln stattfinden. Damit sind Arbeitszeit- und Kosteneinsparungen möglich, wobei jedoch auch der Aufwand für die Datenerfassung und -aufbereitung zur Entscheidungsfindung beachtet werden muss. Somit sind die ökonomischen Effekte insbesondere in gartenbaulichen und landwirtschaftlichen Betrieben mit einem hohen Arbeitszeitaufwand und einem hohen Flächenertrag wie Wein-, Obst- und Gemüsebaubetrieben oder in Großbetrieben am deutlichsten zu erkennen. In jedem Fall reichen aber validierte Modelle und meteorologische Messdaten allein zu einer quantitativen Beratung (z.B. Spritzempfehlung) nicht aus. Zusätzliche Beobachtungen (Bonituren) und eine kritische Beurteilung durch einen Fachmann sind unabdingbar [37].

Wetterdatenbasierende Beratungssysteme zur Insektizid- und Fungizidanwendung werden häufig in großflächig wirtschaftenden Regionen eingesetzt (Australien, USA). Auch in Deutschland haben Beratungs- und Prognosesysteme für den Pflanzenschutz die größte Bedeutung als Bedarfsträger an aktuellen, regionalen und zuverlässigen agrarmeteorologischen Messdaten. Praktisch genutzte Beispiele für computergestützte Beratungssysteme im

Pflanzenschutz sind in Tabelle 1-1 aufgelistet (nach [53, 138, 144]).

Tabelle 1-1: Überblick über gebräuchliche computergestützte Prognoseverfahren und Entscheidungshilfen im Pflanzenschutz (nach [53, 138, 144])

Fruchtart und Schaden	**Modellname bzw. Entwickler**	**Wetterdatenbezug**	**Bemerkung**
Getreide, Mais, Raps, Rüben Krankheiten, Schädlinge	proPlant, Institut für Pflanzenschutz und Agrarinformatik Münster	DWD, agrarmet. Messnetze (Btx), Wetterstation, freie Datenschnittstelle	umfangreiches, modernes, modulares Softwaresystem
Getreide, Kartoffeln Krankheiten, Schädlinge	PROGREB, Biologische Bundesanstalt Kleinmachnow	DWD	PC-Prognosepaket
Getreide Krankheiten und Schädlinge	PROGNO-Windows, TU-München Weihenstephan	Programmschnittstelle	Objektorientierter Modellbaukasten
Getreide, Kartoffeln Krankheiten	BALIS, Bayerisches Landwirtschaftsministerium	Bayer. Messnetz (Btx)	Btx (T-Online) und Großrechner-Applikation
Getreide, Raps, Gemüse, Obst Feuchte, Frost, Temperaturen, Krankheiten, Schädlinge, Waldbrand	AMBER [86], Deutscher Wetterdienst, Agrarmeteorologische Forschung (AMF)	DWD	unfangreiches modulares Prognosemodell auf dezentralen Rechensystemen des DWD Mehrmals täglich Informationen abrufbar (Telefon, Fax)

Davon sind die modularen Systeme AMBER [85, 86] und proPlant [151, 152] hervorzuheben. Sie decken einen weiten Bereich des Pflanzenschutz-Warndienstes ab und können durch das verwendete Baukasten-Prinzip an die betrieblichen Anforderungen angepasst werden. Dabei werden die Berechnungen mit AMBER durch die Außenstellen des DWD (z.B. in Weihenstephan) durchgeführt, proPlant ist jedoch eine Software für den PC beim Landwirt oder Berater. Sofern die Systeme nicht generell mit Witterungsdaten als Eingangsgröße arbeiten, kann die Treffsicherheit der Beratungsergebnisse bei einer Vielzahl von Modellen durch den Einsatz regionaler agrarmeteorologischer Messdaten verbessert werden [144, 152]. Häufig sind die meteorologischen Messwerte für die Entwicklung und Validierung der Modelle notwendig und in der eigentlichen Beratungssoftware finden auf ihnen basierende Modellierungen statt; ebenso existieren aber auch Beratungssysteme, die hauptsächlich auf

agrarmeteorologischen Daten beruhen [40].

Ein weiterer großer Nutzungsbereich von Witterungsdaten in der Landwirtschaft ist die Steuerung der Wasserzuführung zu den Nutzpflanzen auf Grund der Modellierung des Wasserhaushaltes des Systems Pflanze-Boden-Umgebung. Wegen der großen, klimatisch relativ homogenen landwirtschaftlichen Nutzflächen wurde in den USA eine Vielzahl an Beregnungsmodellen [12] entwickelt und eingesetzt. Auch in Deutschland werden auf agrarmeteorologischen Messungen beruhende Beregnungsinformationen angewendet [10]. Sie werden insbesondere im Gemüse, Wein- und Obstbau genutzt; ihre geringere Verbreitung im Feldbau ist in den klimatischen Bedingungen begründet, die Bewässerung im großen Maßstab nicht erfordern.

Die Verwendung von Wetterdaten in Systemen zur Modellierung des Nährstoffhaushaltes des Bodens beschränkt sich hauptsächlich auf deren wissenschaftliche Ausarbeitung, da die Systeme im praktischen Einsatz mit der Modellierung der witterungsbedingten Umgebungseinflüsse gute Ergebnisse zeigen [30, 118].

Auch zur Arbeitsorganisation, wie der Befahrbarkeit der Nutzflächen, der Einsatzplanung von Landmaschinen etc. kann die Auswertung regionaler agrarmeteorologischer Messdaten einen sinnvollen Beitrag leisten [76, 137].

Auf Grund einiger Besonderheiten der deutschen Landwirtschaft, nämlich der stark strukturierten Feldwirtschaft, den damit verbundenen relativ kleinen Schlag- und Betriebsgrößen und wegen der dort tätigen überwiegend hoch qualifizierten und erfahrenen Landwirte, ist der ökonomische Nutzen des praktischen Einsatzes von Beratungssystemen relativ gering [44]. Trotzdem gewinnen die ökonomischen und ökologischen Aspekte des Einsatzes quantitativer Beratungsergebnisse und die Integration wetter- und klimarelevanter Daten in ein geschlossenes landwirtschaftliches Kommunikationssystem (LKS [62]) zur teilflächenspezifischen Feldwirtschaft (precision farming, [2]) immer höhere Bedeutung.

In computergestützten Beratungssystemen zur Erkennung und Prognose von Pflanzenkrankheiten sowie für die computergestützte Modellierung der Stickstoffdynamik können nur exakte, aktuelle und historische, pflanzenbaulich relevante Witterungsdaten verwendet werden. Dazu wurde 1989 in Bayern wie auch in anderen Bundesländern begonnen, speziell

für landwirtschaftliche Belange entwickelte Messstationen [140] für die flächendeckende Erfassung agrarmeteorologischer Messdaten zu installieren und als Netzwerk zu organisieren. Das Bayerische agrarmeteorologische Messnetz umfasst heute über 110 Messstationen, die anhand der naturräumlichen Gliederung gleichmäßig verteilt installiert wurden. Das ermöglicht die Erfassung konkreter regionaler Witterungsdaten, die neben den Beobachtungen am Kulturpflanzenbestand die Voraussetzung für exakte Modellrechnungen und Entscheidungshilfesysteme sind. Die Stationen liefern ihre Daten über das öffentliche Telefonnetz an eine zentrale Datenbank im Rechenzentrum des Landwirtschaftsministeriums. Diese Konzentration der Daten ermöglicht eine zentrale Kontrolle, Bewertung und Prüfung der Daten, die Datenbereitstellung unter Berücksichtigung verschiedener Anwenderkriterien sowie die Datenpflege und Gewährleistung der Datensicherheit. Um von Landwirten und Beratern vor Ort genutzt werden zu können, müssen zuverlässige Wetterdaten allgemein zugänglich sein. Damit erlangt das Datenmanagement in einem derartigen Messnetz eine besondere Bedeutung (Abbildung 1-2). Aktualität und Korrektheit der Witterungsdaten müssen ständig gewährleistet sein, außerdem sind schnelle und unkomplizierte Möglichkeiten zu ihrem exakten Wiederfinden unumgänglich, damit Wissenschaftler und Praktiker einen effektiven Nutzen aus ihnen ziehen können.

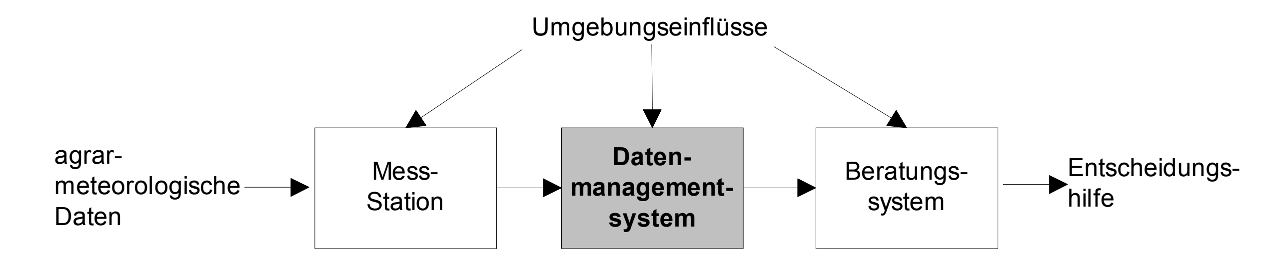


Abbildung 1-2: Bedeutung des Datenmanagements für agrarmeteorologische Messdaten

Damit sich ein Beratungssystem im praktischen Einsatz durchsetzen kann, ist neben seiner Güte und Treffsicherheit auch seine Transparenz und Bedienbarkeit, sowie die Verfügbarkeit auf verschiedenen verbreiteten Computersystemen ein wichtiger Faktor. Daher muss auch an der Vereinheitlichung der Bedienoberflächen, der Schaffung einheitlicher Datenformate und an universellen Schnittstellen zu spezifischen Datensätzen unterschiedlicher Messnetzbetreiber für DSS (decision support systems - Entscheidungshilfesysteme) als Voraussetzung zur breiten Nutzung von bewährten Prognoseprogrammen gearbeitet werden [97].

2 Stand der Technik

Vor der Darstellung der Methoden zur Verbesserung der Erfassung und Bereitstellung agrarmeteorologischer Messdaten am Beispiel des Bayerischen Messnetzes, soll an dieser Stelle eine Definition der im weiteren verwendeten Begriffe, die Darstellung des mess- und geräte- sowie informationstechnischen Standes der Technik und eine Abgrenzung der Thematik für die weiteren Untersuchungen stattfinden. Dabei wird gleichzeitig eine Einordnung, Wertung und Diskussion der geeigneten informationstechnischen Hilfsmittel stattfinden.

Aus dem Gebiet der Systementwicklung [113; 4] wird ein methodischer Ansatz für die Bereitstellung eines Datenmodells gesucht, welcher zur praktischen Umsetzung sowohl der Datenerfassung und -speicherung als auch der Datenbereitstellung eine geeignete Hilfe darstellt. Im Mittelpunkt wird dabei die Gewährleistung der Offenheit [11] und Modularität des Systems sowie seine Qualität, insbesondere Funktionserfüllung, Zuverlässigkeit und Effizienz stehen.

Aus dem Bereich der elektronischen Informationsverarbeitung werden verbreitete standardisierte Kommunikationskonzepte, -infrastrukturen, -protokolle und -dienste, die für die Umsetzung des Datenmodells geeignet sind, vorgestellt.

Wetterstationen gibt es für verschiedene Aufgaben und Einsatzgebiete. Sie unterscheiden sich nicht nur im Aufbau, der Anzahl und der Art der erfassten Messgrößen sowie der Messgenauigkeit, sondern auch in der Art der Ausgabe der Informationen und dem Betriebsaufwand. Für die folgenden Betrachtungen werden nur automatische Messstationen herangezogen, die agrarmeteorologische, also pflanzenbaulich relevante Messgrößen erfassen und eine Schnittstelle zur elektronischen Datenverarbeitung besitzen. Die Daten sollen mit ökonomisch vertretbarem Aufwand zuverlässig erfasst werden und überbetrieblich nutzbar sein.

Für eine flächendeckende Datenerfassung und Nutzung bietet sich der Zusammenschluss mehrerer Messstationen und der von ihnen gelieferten Datenkollektive zu Netzwerken an. Unter der Vielzahl existierender Messnetze zur Erfassung meteorologischer Daten [91] werden nur diejenigen betrachtet, die kontinuierlich und speziell in der Landwirtschaft

verwendbare regionale Daten erfassen sowie diese Daten öffentlich bereitstellen.

2.1 Informationssysteme

Für die allgemeingültige Beschreibung des Datenmanagements in agrarmeteorologischen Netzwerken ist eine Zuordnung zu informationstechnischen Strukturen notwendig. Die Begriffe Daten und Information sind allgemeingültig und prägnant von der Internationalen Standardisierungs-Organisation (ISO) definiert:

- Daten sind eine Darstellung von Fakten, Konzepten oder Anweisungen in formalisierter Weise, die zur Kommunikation, Interpretation oder Verarbeitung durch Menschen oder automatische Mittel geeignet sind (ISO 2382/I).
- Information ist die Bedeutung, die ein Mensch den Daten unter Zuhilfenahme der Konventionen, die in ihrer Darstellung genutzt wurden, zuweist (ISO 2382/I).

Durch die Vernetzung von Informationsquellen und -nutzern entsteht ein Informationssystem, welches aus Menschen und Maschinen besteht, die Informationen erzeugen und/oder benutzen und die durch Kommunikationsbeziehungen miteinander verbunden sind [58]. Zur Handhabung von Informationssystemen werden die Methoden Informationsmanagements angewandt. Als wichtigste inhaltliche Bestandteile von Fachinformationssystemen für die Landwirtschaft nennt ROTTLER [117]:

- Datenmodelle und Datenbank-Managementsysteme,
- Fakten- und Literaturdatenbanken,
- Betriebliches Datenmanagement,
- Elektronische Informationssysteme,
- Hypertext- und Hypermedia-Anwendungen,
- Rechner- und Kommunikationsnetzwerke,
- Hardwaresysteme und Kommunikationsmedien,
- Wissensbasierte Methoden zur Informationsverarbeitung und
- Computergestützte Entscheidungshilfen.

Zur Realisierung des Informationssystems werden drei grundlegende Ansätze unterschieden:

- ingenieurtechnisch (Systemanalyse, Software-Engineering),
- sozio-technisch (Kommunikation zwischen Menschen, die gebunden an eine Organisationsstruktur an der Realisierung arbeiten) und
- ad hoc (Realisierung ohne theoretische Vorarbeiten auf Grund bestehender ideeller und technischer Ressourcen).

Unter den theoretischen Ansätzen zur Konzeption von Informationssystemen finden sich relativ wenige Modelle, die weite Verbreitung im praktischen Einsatz haben. Als wichtigste Modellarchitekturen müssen ARIS (Architektur integrierter Informationssysteme [119]), welche in dem weit verbreiteten Geschäftsprozess-Softwaresystem SAP verwendet wird und das 3-Schichten Modell der ANSI / SPARC Study Group-Database Management Systems [146] genannt werden. Der Hintergrund der Darstellungstechniken ist in jedem Fall die Zerlegung des geplanten Systems in verständliche Teilaspekte.

Für das ARIS-Modell wird die Realität durch 4 verschiedene Sichten modelliert (Organisations-, Daten-, Steuerungs- sowie Vorgangs- oder Funktionssicht), die wiederum in drei Konzepten (Fachkonzept, Datenverarbeitungskonzept und Implementierung) dargestellt werden können (Abbildung 2-1). Dieses Modell eignet sich insbesondere für die Modellierung komplexer Geschäftsprozesse.

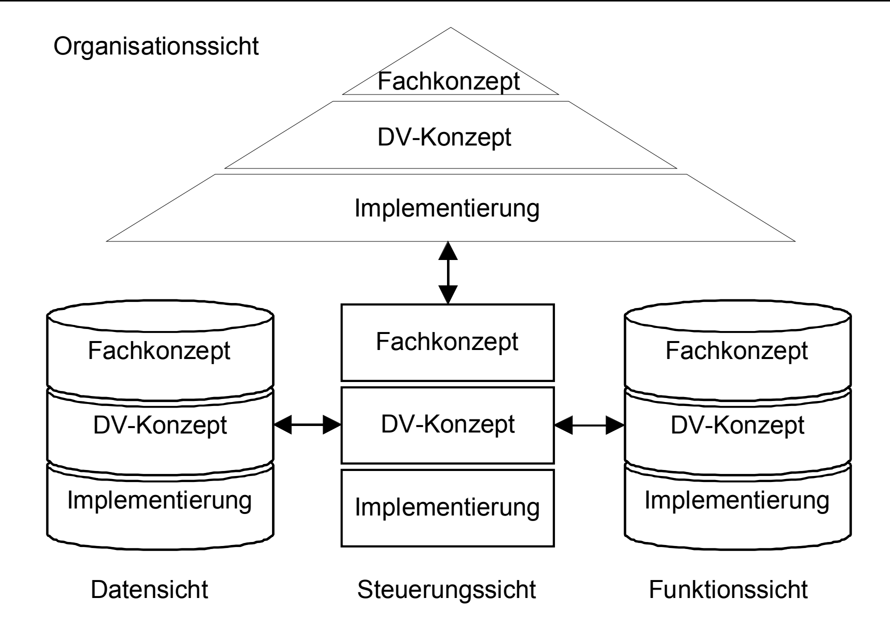


Abbildung 2-1: ARIS-Architektur integrierter Informationssysteme (nach SCHEER [119])

Im datenorientierten ANSI/SPARC Modell werden zur Modellierung des betrachteten Ausschnitts aus der realen Welt drei Abstraktionsebenen eingeführt [146, 154]. Die „reale Welt“ wird auf ein konzeptionelles Schema abgebildet (Abbildung 2-2). Dieses Schema wird dem verwendeten Datenbankmanagementsystem entsprechend in ein logisches Schema übertragen. Auf der Basis dieses logischen Schemas werden externe Schemata definiert, die den Sichten der verschiedenen Benutzer der Datenbank entsprechen. Das logische Schema beinhaltet die Vorschriften zur Datendefinition, -manipulation und -administration. Das interne (oder physikalische) Schema stellt die Verbindung zum eigentlichen Datenbankverwaltungssystem dar. Das ANSI/SPARC Modell ist der ideale Ausgangspunkt für die Modellierung von komplexen Datenbanken.

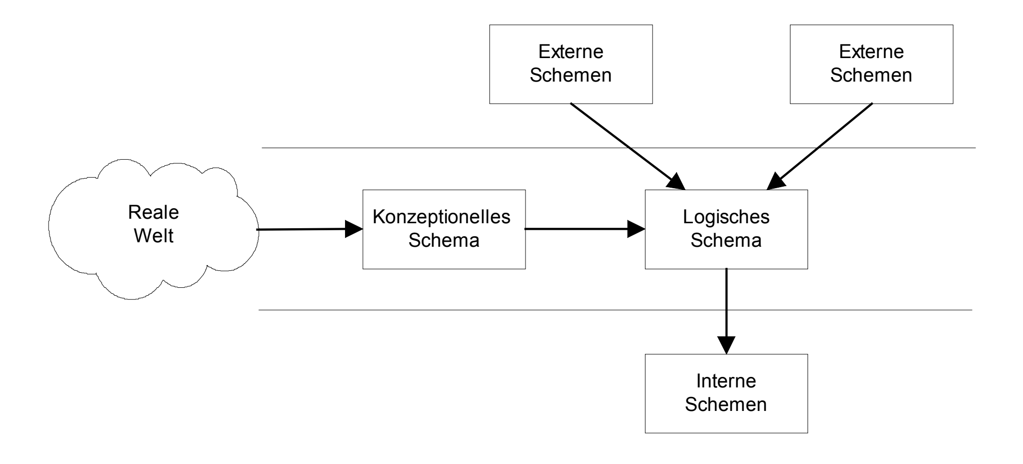


Abbildung 2-2: ANSI / SPARC 3-Schichten Modell [146]

In beiden oben genannten Informationsmodellen (ARIS, ANSI/SPARC) wird als Werkzeug zur konzeptionellen Datenmodellierung (semantische Modellierung, SM) auf das Entity-Relationship Modell und davon abgeleitete Varianten zurückgegriffen (E/R-Modell, ERM, SERM [18, 93]). Die Objekte der realen Welt werden dabei in Entities umgesetzt, die bestimmte Eigenschaften (Attribute) besitzen und miteinander in Beziehungen stehen (Relationship).

2.1.1 Systementwicklung

Bei der Realisierung eines Informationssystems oder eines darin eingebetteten Teiles wie z.B. eines Softwareprojektes können zwei grundsätzlich unterschiedliche Zielstellungen verfolgt werden, nämlich die Realisierung als

- geschlossenes System oder als
- offenes System.

Ein geschlossenes System verkörpert eine (meist von einem Hersteller stammende) Einheit aller Komponenten zur Lösung einer bestimmten Aufgabe bzw. Gruppe von Aufgaben (z.B. Warenwirtschaftssystem), welches an eine bestimmte Hardware und ein bestimmtes Betriebssystem und nicht an Hersteller-unabhängige Standards gebunden ist. Eine Erweiterung eines geschlossenen Systems durch „fremde“ Komponenten oder die Übertragung auf ein anderes Zielsystem (Hardware und Betriebssystem) ist nicht oder nur eingeschränkt möglich. Durch die Lösung aus einer Hand erhält der Anwender im Regelfall ein stabiles System, ist aber hinsichtlich der Erweiterbarkeit und Austauschbarkeit stark begrenzt.

Offene Systeme [11, 114, 134] dagegen zeichnen sich aus durch:

- Interoperabilität,
- Portabilität,
- Skalierbarkeit,
- Standards.

Interoperabilität bedeutet, dass verschiedenartige (heterogene) Systeme mit unterschiedlichem Zweck so in einem Verbund zusammen wirken können, dass sie dem Benutzer wie ein

homogenes Leistungsgefüge erscheinen. Sie fordert die Möglichkeit der gemeinsamen Nutzung von Daten, Prozessoren und Programmen im gesamten System.

Portabilität heißt Übertragbarkeit der Software ohne (wesentliche) Änderungen auf verschiedene Computersysteme. Sie bedeutet auch die Übertragbarkeit der Daten, was nur durch die Standardisierung der Codierungen und Darstellungsformen sowie einheitliche Zugriffsschnittstellen möglich ist. Portierbarkeit umfasst außerdem eine einheitliche Benutzeroberfläche, so dass die Personen, die mit dem System arbeiten, einen Plattformwechsel ohne zusätzlichen Lernaufwand und kurzfristige Effizienzverluste vollziehen können.

Skalierbarkeit ist ein Teilaspekt der Portierbarkeit und bedeutet, dass ein System entsprechend der geforderten Leistungsfähigkeit adaptiert werden kann und auf unterschiedlich großer oder ausgebauter Hardware, im Extremfall auf einem Notebook und auf einem Großrechner (Mainframe), einsetzbar ist.

Verschiedene Gremien, Standardisierungsinstitute sowie die Industrie arbeiten an der *Standardisierung*, insbesondere auf den Gebieten

- Benutzerschnittstelle (User-Interface),
- Betriebssysteme,
- Kommunikation,
- Datenmanagement,
- Grafik und
- Softwareentwicklung.

Das IEEE - Technical Committee on Open Systems hat mit dem Entwurf der IEEE P1003 (POSIX) eine Definition offener Systeme vorgegeben. Danach ist die Basis für offene Systeme eine umfassende und einheitliche Menge von internationalen Informationstechnologie-Standards und funktionalen Standards, die Schnittstellen, Dienste und unterstützte Formate zur Schaffung der Interoperabilität und Portabilität von Anwendungen, Daten und Personen spezifizieren [11]. Abbildung 2-3 verdeutlicht diese Standardisierungsbereiche. Eine allgemein einsetzbare, erweiterbare und anpassbare (skalierbare) Lösung muss also in Form eines offenen Systems realisiert werden, sich an Standards halten oder sich im Mindesten daran orientieren.

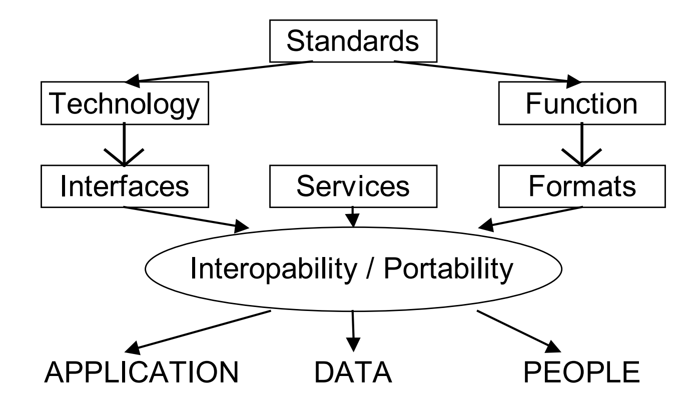


Abbildung 2-3: Offene Systeme auf der Basis von IEEE P1003 (POSIX)

Als allgemeine Basisstruktur für offene Systeme ergibt sich eine Dreiteilung entsprechend der Hauptaufgaben in:

- Benutzerschnittstelle (User-Interface, People),
- Programme (Application, Control) und
- Datensysteme (Data).

Zwischen diesen Schichten findet eine Kommunikation statt; alle Komponenten wiederum müssen mit der technischen Plattform, bestehend aus Systemsoftware und Hardware, zusammenarbeiten. Ein offenes System benutzt standardisierte Schnittstellen zwischen allen beteiligten Komponenten. Damit ergibt sich für offene Systeme nicht die Forderung nach einer standardisierten Hardware, einem Standardbetriebssystem oder einer Standard-Programmiersprache, sondern nach festgeschriebenen Schnittstellen für alle oben angespro-

chenen Aufgabenbereiche. Eine Aufzählung und Beschreibung aller Standardisierungsbestrebungen und Standardisierungsgremien für Softwaresysteme ist auf Grund der großen Vielfalt unmöglich; auf die im Rahmen dieser Arbeit genutzten Standards wird an der entsprechenden Stelle konkret eingegangen.

Neben dieser aufgabenspezifischen Aufteilung kann bei Verwendung einheitlicher Schnittstellen der beteiligten Komponenten eine räumliche Verteilung und eine Skalierung, also leistungsabhängige Auslegung einzelner Komponenten stattfinden. Werden nun die Komponenten in Dienstanbieter (Server) und Dienstnehmer (Client) aufgeteilt, kann eine beliebig ausbaufähige Client-Server-Architektur (C/SA, CSA) als Grundlage für die Realisierung offener Systeme geschaffen werden.

2.1.1.1 Methoden der Planung und Realisierung

Besonders wichtig bei der Realisierung eines informationstechnischen Projektes (DV-Projektes), wie der Gestaltung eines Informationssystems und der Realisierung von Softwareprojekten, ist eine durchgehende Strategie, die den gesamten Lebenszyklus begleitet, also Planung, Durchführung und Kontrolle, aber auch Projektsteuerung sowie Qualitätssicherung unterstützt und dokumentiert.

Als Vorgehensmodell zur Orientierung bei der Planung und Kontrolle von Softwareprojekte wird häufig das Prototypingmodell herangezogen (Abbildung 2-4).

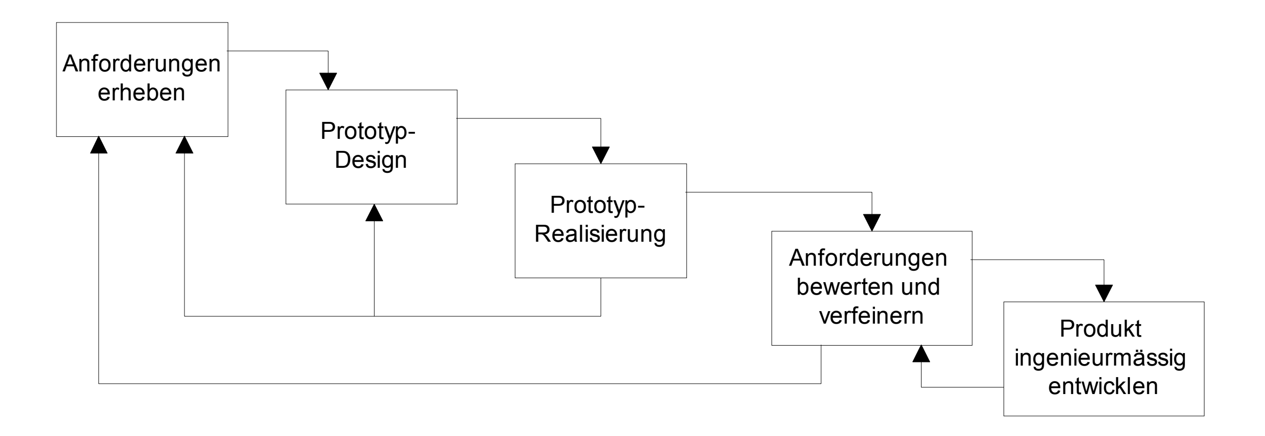


Abbildung 2-4: Prototypingmodell (nach RAASCH [113])

Da dem Test einer Applikation eine wichtige Rolle zukommt, muss entweder parallel zu Softwareentwurf und -erstellung eine globale Teststrategie entwickelt werden oder das

Ergebnis der Softwareentwicklung in allen Entwicklungsphasen partiellen Tests unterzogen werden. Damit die Wiederaufbereitung eines Problems bei festgestellten Fehlreaktionen nicht zu groß und unüberschaubar wird, werden Überprüfungen im Rahmen überschaubarer Programmteile oder Entwicklungsstufen definiert. Aus einem groben Programm-Prototypen, der noch nicht alle Funktionen des Programmierziels realisiert, wird stufenweise das endgültige Programm geschaffen. Die in diesen Stufen angefertigten Prototypen werden komplexen Tests unterworfen und alle signifikanten Fehler ermittelt. Aus den getesteten (und vom Auftraggeber abgenommenen) Prototypen werden neue Prototypen ohne die bekannt gewordenen Probleme und evtl. mit erweiterter Funktionalität und letztendlich das Zielsystem erstellt. Der Prototyp fungiert als Funktionsmuster, um das Prinzip zu bestätigen. Die Feinheiten werden erst im Zielsystem realisiert.

Bei der Softwareentwicklung haben heute drei Ansätze besondere Bedeutung, die sich direkt in der resultierenden Programmiermethode wiederspiegeln: modulare (strukturierte), objektorientierte und regelbasierende Methoden. Die weit verbreitete Technik der strukturierten Programmierung zerlegt die Aufgabe in Module, die auf ebenso thematisch zusammengefasste Daten zugreifen. Dabei bleiben Daten und Programmteile unabhängig voneinander, die Daten können einerseits nur für bestimmte Programmteile verfügbar sein oder auch global, also für ein gesamtes Softwaresystem uneingeschränkt benutzbar sein. Diese Programmiertechnik besitzt weiteste Verbreitung, ist auf einer Vielzahl von Plattformen sowie Programmiersprachen (z.B. C, Pascal, FORTRAN) verfügbar und sehr effizient. Der entstehende Programmcode kann bezüglich der Programmlaufzeit oder des Speicherbedarfes optimiert werden.

Immer größere Verbreitung, insbesondere für große komplexe Softwareprojekte, die meist eng mit ergonomischen Bedienoberflächen verbunden sind, gewinnt der objektorientierte Ansatz, der sich bis in die verwendeten Werkzeuge, Programmiersprachen und Betriebssystemschnittstellen bewegt. Durch das Verschmelzen (Kapselung) von Daten und die zu ihrer Bearbeitung verwendeten Methoden zu Objekten werden die erzeugten Programme sicherer. Durch die erzwungene erweiterte, strikte Modularisierung und die Formalisierung von Objekten mit ähnlichen Eigenschaften zu Klassen, durch die Erzeugung neuer Objekte aus bestehenden mit Vererbung von Objekteigenschaften werden Programmteile wiederverwendbar. Es entsteht ein großer Software-Baukasten, der mit Hilfe standardisierter Schnitt-

stellen unter verschiedenen Programmiersprachen genutzt werden kann (z.B. Microsoft Foundation Class -MFC zur Entwicklung von Windows-Programmen oder X11 der Open Software Foundation für grafische Benutzerschnittstellen unter UNIX [88]). Klassische objektorientierte Programmiersprachen sind C++ [84] und Smalltalk [106].

Regelbasierende Methoden werden im Bereich der künstlichen Intelligenz (KI bzw. artifical intilligence AI), z.B. zur Entwicklung von wissensbasierenden Systemen, Expertensystemen oder neuronalen Netzen angewendet [46, 77].

Für alle Grundrichtungen der Systementwicklung gibt es Methoden und Hilfsmittel zur Problemerfassung, -beschreibung und -lösung. Oftmals sind die Grenzen zwischen objektorientierten und strukturierten Modellansätzen fließend. Als wissenschaftliches Hilfsmittel für die Umsetzung der Modellansätze in Software wird das Software-Engineering (Software-Technik, [4, 28, 106, 113]) eingesetzt. Die Grundelemente dieser Technologie beschreiben Regeln zur:

- Planung,
- Definition,
- Entwurf,
- Implementierung,
- Abnahme und Einführung sowie
- Wartung und Pflege.

Die dargestellte Reihenfolge (Phasen) entspricht dem logischen Ablauf eines Software-Entwicklungs-Zyklus (Live-Cycle). Jedoch bestehen Wechselwirkungen zwischen den einzelnen Phasen, die verschiedene Methoden zur Realisierung von Software-Projekten hervorgebracht haben. Diese Vorgehensmodelle beschreiben die Art und Weise, **wie** ein Projekt realisiert werden soll. Unabhängig davon gibt es eine Reihe von Konzepten und Hilfsmitteln zur Definition und Implementierung eine Softwareentwicklung. Ziel der Modellierung ist die Abstraktion und die Festlegung, **was** realisiert werden soll. Die Umsetzung kann von der direkten Codierung einer Aufgabe durch den Programmierer bis zur Nutzung grafisch orientierter Systeme reichen, die eine Reihe der Aufgaben von der Problembeschreibung bis zur Organisation von Wartung und Pflege vereinfachen und auch für große Entwickler-Teams geeignet sind (CASE-Tools, Werkzeuge zur Computergestützten

Software-Technik, Computer Aided Software Engineering).

2.1.1.2 Hardware und Betriebssystem

Als *Hardware* im Zusammenhang mit Informationssystemen wird die Gesamtheit der „fest verdrahteten“ technischen Komponenten eines Rechensystemes verstanden (DIN 44330). Ihre Hauptbestandteile sind die Zentraleinheit (Central Processing Unit, CPU), Haupt- und Massenspeicher, Eingabe- (Tastatur, Maus etc.) und Ausgabegeräte (Bildschirm, Drucker, Lautsprecher etc.) sowie Datenübertragungseinrichtungen. Auch die Einrichtungen zur Energieversorgung, Gerätesteuerung und Bedienung zählen dazu. In Ergänzung der Hardware besitzen die meisten Rechensysteme noch Firmware-Komponenten, die die spezielle Anpassung von Massenprodukten wie Prozessoren und Speichersystemen an das spezielle System realisieren. Rechensysteme werden entsprechend ihrer Größe und Anwendungsbereiche in Großrechner (Mainframe), Workstations, Personalcomputer (PC) und Prozessrechner unterschieden. Dabei sind verschiedene Varianten möglich, z.B. Minicomputer oder Server-PC als leistungsfähige Rechen- und Speichereinheiten mit keinem oder geringem Grafikkomfort, oder Prozessrechner zur Produktionsstraßensteuerung, realisiert auf der Basis spezieller Workstations und Prozessrechner zur Haushaltsgerätesteuerung als Einplatinencomputer. Im Rahmen der Realisierung des Managementsystems für agrarmeteorologische Messdaten spielen Prozessrechner eine Rolle als Datensammler vor Ort, Großrechner die Rolle umfangreicher Datenbankserver und PC die Hauptrolle als kostengünstige, flexible, leicht zu vernetzende Standardgeräte.

Als *Betriebssystem* (BS, Operating System, OS) werden die Programme eines Rechensystems bezeichnet, die die Programmausführung steuern und dabei die Verteilung der Betriebsmittel (Ressourcen) wie Prozessor, Speicher, Ein- und Ausgabegeräte regeln. Kriterien zur Einteilung der Betriebssysteme sind die Fähigkeiten zur Bedienung mehrerer Benutzer (Multiuser) und der parallelen Ausführung mehrerer Aufgaben (Multitasking). Im Rahmen der Bestrebungen zur Realisierung offener Systeme nimmt die Bedeutung des Ziel-Betriebssystems bei der Bearbeitung von Softwareprojekten ab, da eine Vielzahl von Programmiersprachen für mehrere BS verfügbar sind und Compiler als Übersetzungswerkzeuge fungieren. Trotzdem spielt das Betriebssystem für die Realisierung eines Informationssystems auf Grund der unterschiedlichen angebotenen Leistungen eine nicht zu unterschät-

zende Rolle. Die am weitesten verbreiteten PC-Betriebssysteme (UNIX, OS/2, DOS und Windows) sollen im folgenden kurz gegenübergestellt werden.

- Unter **UNIX** [51] wird eine Reihe weitgehend standardisierter, relativ offener (X/OPEN, OSF, UI [11]) Betriebssystem-Varianten verschiedener Hersteller zusammengefasst. UNIX verkörpert das klassische Multiuser- / Multitasking- Betriebssystem für Workstations und wird durch die frei verfügbare, offene Lösung Linux ([133, 158], http://www.linux.org/) im Rahmen des GNU-Softwareprojektes (http://www.gnu.org/) auch für den PC populär.

- Mit **OS/2** [36, 65] versuchte IBM (International Business Machines, anfangs gemeinsam mit Microsoft Corporation, Redmond) ein Multitasking-Betriebssystem für PC zu schaffen. Es hat sich zu einem stabilen und komfortablen System mit zum Teil offenen, zum Teil stark an den IBM-internen Standards festgelegten Schnittstellen entwickelt. OS/2 besitzt heute noch Bedeutung im Bereich geschlossener IBM-Systeme.

- **DOS** war das Standard-Betriebssystem für den PC, welches auf Grund seiner Beschränktheit in der Ressourcen-Verwaltung (kein Multitasking, eingeschränkter Speicherverwaltungsbereich, keine offenen Schnittstellen) bald der Leistungsfähigkeit der Hardware und den Anforderungen der Benutzer nicht mehr gewachsen war. Es wurde um verschiedene Hilfsmittel erweitert, wobei als wichtigstes (Microsoft-) Windows zu nennen ist, welches in den Versionen 286, 386 und 3.x eine reine grafische Bedienoberfläche für DOS mit eingeschränkten Möglichkeiten der parallelen Programmbearbeitung darstellte.

- Mit Microsoft **Windows** 95, Windows 98 und Windows NT (new technology) wurde der Gedanke der DOS-Erweiterung zum Multitasking-BS mit einheitlicher grafischer Benutzeroberfläche (Grafical User Interface, GUI) für Systemfunktionen und Anwenderprogramme mit standardisierten Kommunikationsschnittstellen sowie der Offenlegung wichtiger Schnittstellenfunktionen fortgesetzt. Bei Windows NT handelt es sich dabei um ein eigenständiges, geschlossenes BS, wogegen Windows 95 und 98 immer noch auf ein erweitertes DOS aufsetzt. Auf Grund der weiten kommerziellen Verbreitung, aber nicht auf Grund der Orientierung an Standards im Sinne offener Systeme können beide Systeme heute mit weltweit mehreren Millionen Installationen als Standard-Betriebssystem gelten.

2.1.1.3 Programmiersprachen

Basis zur Erstellung von Programmen sind Programmiersprachen, die eine logische Abstraktion des von der Zentraleinheit abgearbeiteten Binärcodes darstellen. Entsprechend der Softwareentwicklungstechniken (vgl. 2.1.1.1) wird ein Programmtext entweder vom Entwickler geschrieben oder als Ergebnis eines komfortablen, meist grafisch orientierten Werkzeuges (CASE-Tool) von einem Rechner generiert. Analog zu den Entwicklungsmethoden gibt es Programmiersprachen, die die verschiedenen Paradigmen unterstützen. Von der Vielzahl sollen an dieser Stelle nur höhere Programmiersprachen der 3. Generation, und davon nur verbreitete prozedurale (strukturierte) und objektorientierte Sprachen berücksichtigt werden, die auf mehreren Plattformen verfügbar, durch Standards festgeschrieben und damit für die Schaffung offener Systeme geeignet sind. Die Programmierparadigmen „strukturiert“ oder „objektorientiert“ werden dabei durch die Programmiersprache nicht vollständig festgelegt, sondern die Sprache bietet die Möglichkeiten, die Paradigmen umzusetzen.

Für das Übersetzen eines Programmtextes in die Maschinensprache einer konkreten Hardware gibt es grundsätzlich zwei Möglichkeiten. Entweder wird einmalig mit Hilfe eines Compilers (der die Maschinenanweisungen zusammenstellt) und eines Linkers (der verschiedene compilierte Programmmodule verbindet) ein ausführbarer Programmcode erzeugt, der auf dem Rechner gespeichert und jederzeit zur Abarbeitung aufgerufen werden kann. Die zweite verbreitete Methode ist die Verwendung eines Interpreters, der den Programmtext bei jedem Aufruf neu übersetzt und dann die Anweisungen „zeilenweise“ ausführt.

Verbreitete prozedurale Sprachen sind C, COBOL (Common Business Oriented Language) und FORTRAN (Formula Translator). Durch Richtlinien für die Gestaltung des Programmablaufes ergeben sich daraus strukturierte Programmiersprachen. Dabei ist COBOL für Geschäftsanwendungen und damit auch datenintensive Programme, FORTRAN eher für die Lösung mathematisch naturwissenschaftlicher Aufgaben geeignet. **C** ist eine sehr universell einsetzbare Programmiersprache im technischen Bereich. Sie besteht neben dem Sprachkern aus einer Reihe von Standard-Bibliotheken, die die Schnittstelle zu einer großen Zahl von Betriebssystemen bilden. Damit ist C für die Realisierung offener Software besonders geeignet. C++ stellt die Erweiterung von C um objektorientierte Bestandteile dar. Es erweitert die Bibliotheken um Klassenbibliotheken, die wiederum die Arbeit mit den Schnittstellen

zu Benutzer, Rechnerkern, Datenbanken, Kommunikationssystem u.v.a. vereinfachen und standardisieren.

In den letzten Jahren ist keine Programmiersprache in so kurzer Zeit entwickelt, erweitert und vielfältig eingesetzt worden wie **Java** [34, 35], eine Entwicklung, die im engen Zusammenhang mit der Globalisierung der Informationstechnik durch das Internet steht. Diese Sprache orientiert sich an C++, ohne die in C/C++ enthaltenen fehleranfälligen Bereiche zu übernehmen und ist konsequent objektorientiert und offen. Für die Verbindung von Internet und Datenbanken unter Nutzung standardisierter Schnittstellen ist keine Programmiersprache geeigneter als Java. Java besitzt einen „schlanken“ Kern, der durch eine automatische Speicherverwaltung, Fähigkeiten zum Multi-Threading (Parallelverarbeitung) und Sicherheitsfunktionen erweitert ist. Eine Reihe von API-Funktionen (Application Programm Interface, Anwendungsprogramm-Schnittstellen) erweitert diesen Kern. Die API unterstützen verteilte Anwendungen im Netz, realisieren grafische Benutzerschnittstellen und die Erzeugung von Softwarebaukästen zur Funktionserweiterung (Java-Beans), oder stellen Anbindungen zu einer Reihe von Datenbanken zur Verfügung (Java Data Base Connectivity, JDBC). Sind die oben genannten Programmiersprachen fast ausschließlich Compiler-Sprachen, so stellt Java diesbezüglich eine Besonderheit dar. Der Programmquelltext wird erst zu einem Bytecode compiliert, der dann in zweiter Instanz von einem speziellen Interpreter, der Java Virtuell Machine (JVM), für die konkrete Hardware übersetzt wird. Diese Methode hat den Vorteil, dass nur die JVM und nicht Compiler und Linker für verschiedene Hardware neu erstellt werden müssen, auch kann die JVM durch Firmware in einem sogenannten Java-Prozessor realisiert sein. Damit sind der Offenheit und Skalierbarkeit von Java (fast) keine Grenzen gesetzt. Java besitzt noch weitere Vorzüge: als relativ junge Programmiersprache (seit 1995) wurde das objektorientierte Paradigma vorbildlich umgesetzt und durch seine Verbreitung bei der Programmierung von Anwendungen in heterogenen Netzlandschaften sind auch unzählbar viele Werkzeuge, Quellen, Hinweise und Beispiele im Internet recherchierbar.

Insbesondere zur Realisierung systemnaher, administrativer Aufgaben wie der Softwareinstallation, Listenbearbeitung oder Textanalyse gibt es eine große Zahl von Script-Sprachen. Ihre Anweisungslisten werden vor der Abarbeitung nicht übersetzt, sondern von einem Interpreter direkt zeilenweise ausgeführt. Waren Script-Sprachen anfangs sehr spezielle und

auf bestimmte Systemkategorien (insbesondere UNIX) beschränkte Administratoren-Hilfsmittel, gibt es heute mit **Perl** (Practical Extraction and Report Language [156]) eine leistungsfähige, sehr offene, also auf viele Rechnerplattformen portierte, Script-Sprache zur Bearbeitung von Zeichenketten, die viele Funktionen einer objektorientierten Hochsprache einschließt. Sie wird insbesondere im Zusammenhang mit dem World Wide Web (WWW) zur automatischen Erzeugung, Bearbeitung und Kontrolle von WWW-Dokumenten verwendet [92].

2.1.1.4 Datenbanken

Die Ablage von Daten in Informationssystemen kann auf unterschiedliche Weise erfolgen. Das zu verwendende Ablagesystem richtet sich nach Inhalt und Struktur, Menge und Mächtigkeit der einzelnen Elemente sowie der Art der Verknüpfungen zwischen den Elementen und den Forderungen zum Zugriff auf die aufzubewahrenden Daten (Tabelle 2-1).

Nachdem in den 80er Jahren die effiziente Programmierung durch Optimierung von Programmlaufzeit und Speicherbedarf große Bedeutung besaß, hat sich heute auf Grund der wesentlich leistungsfähigeren und kostengünstigen Hardware die Betrachtungsweise hin zu den zugrunde liegenden Daten- und Beziehungsstrukturen verlagert.

Tabelle 2-1: Kriterien für die elektronische Ablage von Daten

Inhalt und Struktur	- verschiedene numerische Daten - Text: Einzelwort, Zeile, Massentext (Landessprache) - multimediale Objekte (Grafik, Bild, Audio- oder Videosequenz)
Menge, Mächtigkeit und Dynamik	- abzählbare / Massendaten - homogene / vielgestaltige Daten - Anzahl und Inhalt der Datensätze relativ gleichbleibend / wachsend / laufend verändert - Zeitreihen
Verknüpfung	- unidirektional / bidirektional (Baum / Netz)
Datenzugriff	- sequentiell / selektiv - Einzelbenutzer / viele gleichzeitige Benutzer - gleichzeitig ausschließlich lesen / lesen und schreiben / ändern - Performance (Zugriffszeit) - Datensicherheit (Integrität, Datenschutz) - verschiedene Sichtweisen

Als Hilfsmittel für die Speicherung von Daten stehen an die physikalische Ablage angelehnte Dateisysteme (Filesysteme), die flach oder hierarchisch geordnet sind, oder komplexe

Datenmanagementsysteme (DMS) zur Verfügung [89, 155]. Große Datenmengen werden in Form von Datensätzen gespeichert, wobei das hierarchische Modell sie in Baumstrukturen durch unidirektionale Verbindungen verknüpft, das Netzwerkmodell jedoch auf bidirektionalen Verweisen basiert. Diese Verbindungen wurden ursprünglich durch Speicheradressen, also physikalisch kodierte Zeiger realisiert, die durch eine spezielle Abfrage-Programmiersprache (z.B. COBOL [87]) verwaltet wurden. Damit war jedoch keine begriffliche Abstraktion des Datenzugriffs möglich, außerdem zogen Änderungen in der Datenstruktur Programmanpassungen nach sich.

Um diese Nachteile zu eliminieren, wird der komplexe Zugriff auf abstrakte Daten heute fast ausschließlich mit Datenbanksystemen realisiert, die Daten und deren logische Strukturen wie Satzaufbau- und Verknüpfung verwalten. Besondere Verbreitung haben relationale Datenbankmanagementsysteme (RDBMS, beruhend auf den Entwürfen von CODD [19]). Im relationalen Datenmodell sind die Daten in Felder zerlegt und als Tabellen (Relationen) angeordnet. Mehrere Tabellen einer Datenbank werden mit Schlüsselelementen (Keys) verbunden. „Breite" Tabellen werden zur Erhöhung der Effektivität und zur Vermeidung von Redundanz in kleinere Tabellen zerlegt (Normalisierung). Für große Datenmengen (viele Datensätze) können Felder (Tabellenspalten) als Index definiert werden, die den Zugriff durch das zusätzliche Speichern der Position der indizierten Datenmerkmale wesentlich beschleunigen. Als Abfragesprache für relationale Datenbanken hat sich SQL (Structured Query Language) durchgesetzt, die durch die ANSI/ISO als Norm definiert wurde und heute in der 3. Aktualisierung („SQL3") verwendet wird [1].

Weit verbreitete und auf vielen Hardwareplattformen unter vielen Betriebssystemen nutzbare Datenbanksysteme sind DB2 von IBM [21] und Oracle [142]. Sie können als Client-Server-System und als verteilte Datenbank verwendet werden, d.h. auf die zentral verwaltete Datenbank kann von mehreren Anwendern an verschiedenen Orten zugegriffen werden oder die Datenbestände selbst sind auf verschiedenen Rechnern innerhalb eines Rechnernetzes verteilt. Immer organisiert das Datenbankmanagementsystem die Konsistenz der Daten und sorgt für deren Zuverlässigkeit, auch bei kritischen Zuständen der Hardware oder des Betriebssystems. Außerdem besitzen moderne Datenbanksysteme neben dem eigentlichen Datenbankverwaltungssystem noch eine Reihe von Werkzeugen, die die Datenverwaltung erleichtern, das Erstellen von Anwendersoftware mit prozeduralen Programmiersprachen der

3. Generation (C, Pascal, FORTRAN) oder mit deskriptiven Abfragesystemen (Sprachen der 4. Generation, CASE-Tools [58]) erlauben und den Zugriff über verschiedene Netzwerkstationen (Clients) organisieren.

Im Rahmen der Speicherung multimedialer Daten gewinnen objektorientierte Datenbanksysteme immer größere Bedeutung [8, 45]. Wie bei der objektorientierten Programmierung wird die Trennung zwischen Daten und (Zugriffs-)Methoden aufgehoben. So entstehen Objekte, die die Komplexität des in einer Datenbank abzulegenden Ausschnitts aus der realen Welt oftmals besser abbilden können als reine Zahlen- und Textdarstellungen, und die in Klassen organisiert werden können. Für vorwiegend numerische Daten und Textdaten, wie im Fall agrarmeteorologischer Messdaten, überwiegen jedoch die derzeitigen Nachteile objektorientierter Datenbanksysteme wie hoher Ressourcenbedarf und noch nicht ausgereifte Zuverlässigkeit, so dass auf sie nicht weiter eingegangen wird.

2.1.2 Datenkommunikation und Kommunikationsnetze

Der Informationsfluss in verteilten Systemen beruht auf dem Austausch computerlesbarer Daten. Die dazu notwendige Infrastruktur basiert auf Kabeln (elektrische oder optische Leiter) oder Funkverbindungen (Infrarot, Zellenfunk, Richtfunk) und Schnittstellen zur Datenverarbeitungsanlage. An einer Kommunikation sind immer zwei Partner, sogenannte Datenendeinrichtungen beteiligt; der Datenaustausch kann entweder in einer Richtung (simplex) oder gleichzeitig in beiden Richtungen (duplex) stattfinden. Sollen mehrere Partner an der Kommunikation teilnehmen, wird ein Vermittlungsdienst zur Schaffung der jeweiligen Verbindungen nötig. Zwischen den Partnern wird ein Kommunikationsnetz aufgespannt. Auf Grund der geologischen Gegebenheiten wird grob zwischen lokalen Netzen (local area network, LAN) und Weitverkehrsnetzen (wide area network, WAN) unterschieden. WAN werden im allgemeinen von großen Dienstleistungsunternehmen (z.B. Telekom, Deutsches Forschungsnetz DFN) betrieben und als öffentliches oder privates Netzwerk zur Verfügung gestellt. LAN befinden sich in örtlich begrenzten Einrichtungen und werden meist auch von diesen betrieben. Verschiedene Netzwerke können untereinander durch spezielle Einrichtungen verbunden werden.

Damit die zuverlässige, zielgerichtete Übertragung der Daten zwischen den Partnern innerhalb eines lokalen Netzes genauso wie über weite Strecken und mehrere beteiligte (evtl.

verschiedenartige) Netzwerke funktionieren kann, sind Standards zur logischen und physikalischen Beschreibung des Informationsflusses nötig. Der Inhalt der Daten (egal, ob numerisch, Text, Bild oder Ton) besteht bei dieser elektronischen Datenübertragung in einem Strom von Bits, den kleinsten Bestandteilen einer computerlesbaren Information [111], abgebildet durch einen elektrischen Schaltzustand oder Impuls. Diese sequentielle Bitfolge wird durch eine Reihe von Vorschriften strukturiert, die als Protokoll bezeichnet werden. Dabei kann der Übertragungsweg direkt über eine, mindestens für die Übertragungsdauer, feste Verbindung aufgebaut werden (Leitungsvermittlung). Jedoch können die Daten auch in einzelne Pakete zerlegt, mit Informationen über den Bestimmungsort versehen Stück für Stück über evtl. unterschiedliche Wege zum Zielsystem gesendet werden (Paketvermittlung).

Zur Modellierung des Kommunikationsflusses und Festlegung definierter Schnittstellen wurde ein Basis-Referenzmodell für die Kommunikation offener Systeme entwickelt, das als **OSI-Schichtenmodell** (Open Systems Interconnection [67]) bekannt ist (Abbildung 2-5). In jeder Schicht (Ebene) werden bestimmte Aufgaben verrichtet. Der Datenfluss findet von der obersten Ebene schrittweise über alle weiteren Ebenen bis zur 1. Ebene des Quellsystems, dann über das physikalische Netzwerk-Medium zur 1.Ebene des Zielsystems und dort wieder zur obersten Ebene statt. Logisch findet jedoch die Kommunikation zwischen den jeweils gleichrangigen Ebenen der beiden Systeme statt. Im einzelnen definieren die Schichten folgende Protokolle:

Ebene 1 (Physikalische oder Bitübertragungsschicht): transparente (also interpretations- und modifikationsfreie) Übertragung der Bitsequenzen über verschiedene Medien und Übertragungsarten.

Ebene 2 (Sicherungs- oder Leitungsschicht): Verpackung der Daten in Blöcke, Gewährleistung einer fehlerfreien Verbindung.

Ebene 3 (Vermittlungs- oder Netzwerkschicht): Auswahl des Transportweges und Steuerung des Transports, Kopplung der Transportnetze und Weitervermittlung von Daten.

Ebene 4 (Transportschicht): Netz-unabhängige Herstellung einer virtuellen Verbindung zwischen den Datenendgeräten über ihre Zieladressen.

Ebene 5 (Kommunikationssteuerung- oder Sitzungsschicht): Aufbau und Steuerung von Sitzungen (zusammenhängende Aktion zum Informationsaustausch, z.B. Dateiübertragung) mit Zugangskontrolle.

Ebene 6 (Darstellungsschicht): Umsetzung der Anwenderdaten wie Manipulation, Verschlüsselung, Kompression, Codewandlungen.

Ebene 7 (Verarbeitungs- oder Anwendungsschicht): Anwender(-programm)-Schnittstelle zum Kommunikationssystem.

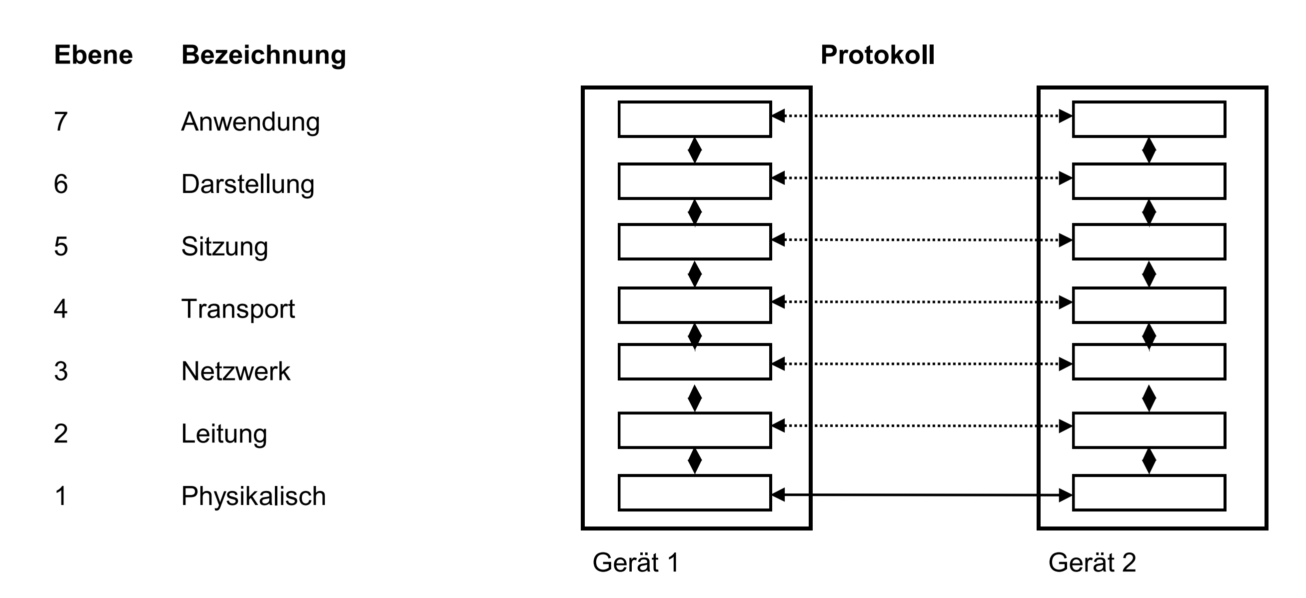


Abbildung 2-5: Logischer (····) und tatsächlicher (—) Kommunikationsfluss im OSI-Schichtenmodell (nach [111])

In Tabelle 2-2 werden verschiedene verbreitete Netzwerkprotokolle der Abstraktion durch das OSI-Schichtenmodell zugeordnet. Dabei wird deutlich, dass das weit verbreitete TCP/IP (Transmission Control Protocol / Internet Protocol) diesem System entspricht, aber die beiden dort aufgeführten herstellerspezifischen Protokolle nicht vollständig durch dieses Modell zu abstrahieren sind, oder mit anderen Worten, dem Standard nicht vollständig entsprechen. Dem TCP/IP, auch kurz nur als Internet-Protokoll bezeichnet, kommt heute als auf fast allen gängigen Plattformen verbreitetem Protokoll eine besondere Rolle zu. Erstens verbindet es in LANs verschiedene Rechnerwelten, zweitens verbindet es unzählige LANs zum **Internet**.

Tabelle 2-2: Einordnung verschiedener Netzwerk-Welten in das OSI-Modell (zusammengefasst nach BUES [11])

Ebene	Bezeichning (OSI)	DIN	TCP/IP	IBM	Microsoft(Windows)
7	Application	Verarbeitung	Utilities/Applications	Applications	Redirector
6	Presentation	Darstellung	Remote File Service (RFS), Server Message Block (SMB), Network File System (NFS)...	Multivendor Application Services: Conversation (CPI-C), Remote Procedure Call (RPC) Message Queuing (MQI), Standard Application, Distributed Services...	Server Message Block
5	Session	Kommunikations-Steuerung	Simple Mail Transfer Protocol (SMTP), File Transfer Protocol (FTP), Telnet Virtual Machine Ptotocol, Simple Network Management P.		NetBIOS Extended User Interface (NetBEUI)
4	Transport	Transport	Transport Control Protocol (TCP), User Datagram Protocol (UDP)	Multi-Protocol Networking (Common Transport Semantics: SNA APPN, TCP/IP, NetBIOS, IPX)	
3	Network	Vermittlung	Internet Protocol (IP)		
2	Data-Link	Sicherung	Logical Linc Control (LLC)	Subnetworking (LANs Frame Relay, X.25 Cell/Packet)	Network Driver Interface Specification (NDIS)
1	Physical	Bit-Übertragung	Carrier Sense Multiple Accesss/ Carrier Detect (CSMA/CD)- Ethernet und andere	Systems Management (Physical), z.B. Token Ring, Ethernet	CSMA/CD- Ethernet und andere

Die örtlich begrenzte Vernetzung von Rechnern im LAN wird üblicherweise durch fest verbundene (Rechner-)Knoten in 4 gebräuchlichen Topologien erreicht, die die Art der physikalischen Verkabelung beschreiben. Abbildung 2-6 veranschaulicht die als Ring-, Stern-, Baum- und Bus-Topologie bezeichneten Strukturen.

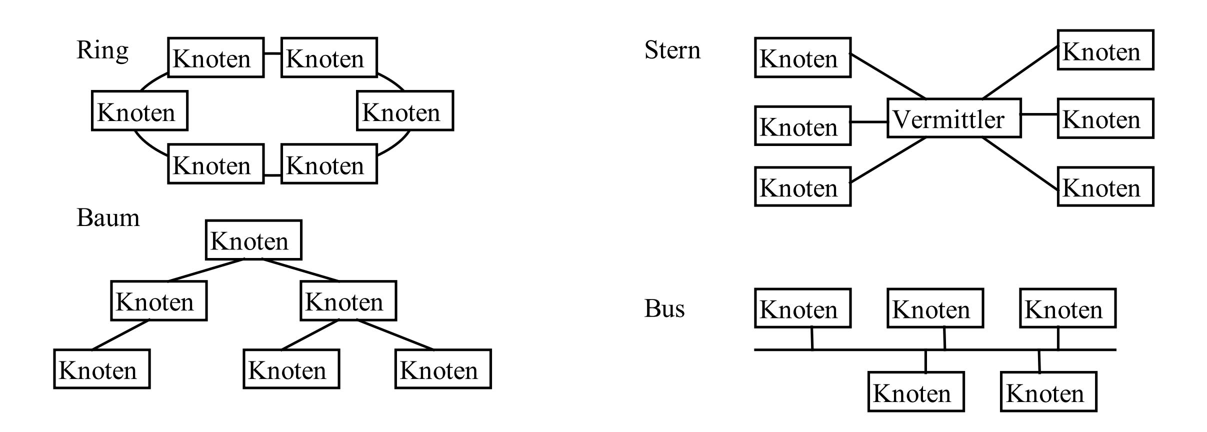


Abbildung 2-6: Netzwerk-Topologien

Die weiträumige Vernetzung von Rechnern bzw. vollständigen LANs in einem WAN wird über die Leitungen von Telekommunikations-Unternehmen unter Zuhilfenahme von Vermittlungsstellen und Umsetzung („Verpackung") der im LAN genutzten Protokolle in andere standardisierte Protokolle realisiert. Dazu bieten diese Unternehmen spezielle Datenübertragungsnetze und Breitbandnetze an.

2.1.2.1 Punkt zu Punkt Verbindungen

Für bestimmte Kommunikationsaufgaben kann der Aufbau des Netzwerkes vollständig auf der Infrastruktur eines Telekommunikations-Dienstes aufbauen und auf wenige Protokollebenen beschränkt werden. Obwohl für das Telefonnetz direkte zur Datenübertragung geeignete Dienste wie ISDN (Integrated Services Digital Network, drahtgebunden) angeboten werden, wird aus Kostengründen oft noch das analoge (Sprach-)Telefonnetz zur Datenfernübertragung verwendet. Als Hilfsmittel wird für beide Datenendgeräte ein Modem (Kunstwort aus Modulator- Demodulator zur analog/digital Signalwandlung) benötigt. Auch bei diesen Geräten gibt es eine Reihe von Standards, die eine sichere physikalische Ebene und Sicherungsschicht gewährleisten können. Weiterhin ist die Steuerung der Geräte weitgehend durch einen Industriestandard-Kommandosatz (AT-Kommandos) vereinheitlicht

[164]. Die Übertragungsgeschwindigkeit ist begrenzt und die höheren Schichten im OSI-Referenzmodell müssen vom Anwender realisiert werden. Es existieren jedoch auch Implementierungen der TCP/IP-Protokollfamilie zur Nutzung mit Modems (am meisten verbreitet: Point to Point Protocol, PPP).

Auch im Mobilfunkbereich erlauben die GSM-Netze (Global System for Mobile communications) mit Daten- und Faxübertragungsdiensten oder Datendiensten wie MODACOM der Telecom die drahtlose Datenfernübertragung über öffentliche oder private Fernsprechnetze [165].

2.1.2.2 Online-Dienste

Die öffentlichen Kommunikationsnetze und die oben dargestellten Möglichkeiten zum Datenaustausch innerhalb dieser Netze führten zur Entstehung von Dienstleistungsanbietern, die auf verschiedenen Rechnersystemen gespeicherte Informationen mit spezieller Anbietersoftware über Einwahlknoten einer Reihe von nacheinander oder gleichzeitig zugreifenden Interessenten zur Verfügung stellen. Weite Verbreitung hatten (und haben) Mailboxen oder Bulletin Board Systeme (BBS) [141, 166]. Zur Einwahl benötigt der Anwender einen Computer mit angeschlossenem Modem und ein Terminalprogramm, das meist mit dem Modem erworben wird oder im Betriebssystem vorhanden ist. Der Informationsaustausch erfolgt menügesteuert. Mailboxen wurden vorwiegend zur schnellen Verbreitung von Systemsoftware von Herstellern zu ihren Kunden genutzt, jedoch gibt es insbesondere in den USA auch andere Branchen, die auf diesem Weg Informationen (so auch Witterungsdaten [22]) anbieten [79].

Als große, organisierte und technisch aufwendige Vernetzung von Mailboxen zur kommerziellen Nutzung können Online-Dienste betrachtet werden. Eines ihrer wichtigen Merkmale ist die Zugangskontrolle, die nur registrierten Mitgliedern die dauerhafte Nutzung sichert. Beispiele solcher Einrichtungen sind AOL (America Online), CompuServe, MSN (Microsoft Network) und T-Online (ehemals Btx und Datex-J). Online-Dienste bieten meist eine spezielle Zugangssoftware mit Bedienoberfläche sowie Serviceleistungen wie E-Mail-Versand und Empfang, Diskussionsforen und kommerzielle Angebote wie Wirtschaftsdienste, Home-Banking oder spezielle Datenbanken. Sie verlieren jedoch an Bedeutung als eigenständige Informationsanbieter und bieten daher meist zusätzlich zu ihrem ursprüngli-

chen Informationsangebot einen Einstiegspunkt ins Internet (Internet-Provider).

2.1.2.3 Internet-Dienste

Die äußerst weite Verbreitung der Nutzung der TCP/IP Protokollfamilie auf verschiedensten Rechensystemen und der Zusammenschluss einer Vielzahl von TCP/IP-basierenden lokalen Netzen zum Internet macht die weltweite Kommunikation beliebiger angeschlossener Rechner mit einheitlichen Schnittstellen ohne Datenverlust oder -Verfälschung und ohne genaue Kenntnis des Übertragungsweges möglich.

Hilfsmittel wie Modem oder ISDN-Adapter bzw. -Gateways erlauben den Anschluss von einzelnen Datenendgeräten oder LANs über das Telefonnetz an das Internet. Logische Brücken dazu sind Internet Service Provider (ISP), d.h. Dienstleister, die den Zugang zu dem globalen TCP/IP-basierenden Netz über Einwahl-Knoten ermöglichen.

Damit sind die technischen Voraussetzungen für ein einheitliches, allgemein zugängliches Kommunikationsnetz gegeben. Zur Nutzung dieses Netzes gibt es eine Reihe standardisierter Protokolle und Dienste auf der 5. und 6. Ebene des OSI-Schichtenmodells. Die wichtigsten sind:

- Datei-Übertragung (File Transfer Protocol, FTP),
- Anmeldung an einem entfernten Rechner (Telecommunications Network, Telnet),
- Elektronische Post (eMail, Simple Mail Transfer Protocol, SMTP) und
- Transport multimedialer Daten im World Wide Web (HyperText Transfer Protocol, HTTP).

Es existiert noch eine Reihe weiterer Dienste zur strukturierten Informationssuche (Gopher, WAIS, Archie etc.), die jedoch mit dem Aufkommen des WWW an Bedeutung verloren haben und Verzeichnis-Dienste wie NFS (Network File system) und LDAP (Light-weigt Data Access Protocol), die einen einheitlichen Zugriff auf Ressourcen unter unterschiedlichen Betriebssystemen erlauben. Andere Dienstanbieter im Internet sind News- und List-Server, die auf speziellen Protokollen bzw. auf E-Mail basierend, Informationen an bestimmte Interessentengruppen versenden.

Ebenso ist die Nutzung des TCP/IP Protokolls für den universellen Punkt- zu Punkt Informationsaustausch geeignet. In Ebene 6 (Darstellungsschicht des OSI 7-Ebenen Modells) steht für diese Aufgabe mit den Berkeley Sockets (X/Open XPG4 [11]) ein optimales Client-Server System zur Verfügung. Sockets sind auch in proprietären Betriebssystemen wie Microsoft Windows implementiert (WinSock [135]). Das Prinzip der Sockets beruht in der Bereitstellung eines wartenden Kanals auf der Server-Seite, der eine genau definierte Adresse besitzt und auf der Client-Seite eines Mechanismus zum Öffnen eines Kanals, der als Zielpunkt den Server-Socket besitzt. Ein Socket kann gewissermaßen als Verbindungsknotenpunkt verstanden werden. Auch alle oben genannten Dienste nutzen diesen Kommunikationspfad.

- **WWW**

Unter World Wide Web (WWW) sind Bereitstellung, Transport und komfortable Benutzerschnittstellen zum Betrachten von Hypertext-Informationen zu verstehen. Diese beinhalten neben Text und Steuerelementen zu seiner Darstellung multimediale Objekte wie Bilder oder Tonsequenzen, Programme oder mit anderen Anwenderprogrammen erstellte Dokumente, sowie Querverweise zu anderen Dokumenten aus dem gesamten WWW [75, 121].

- **HTML**

Die wiederum (weitgehend) standardisierte Beschreibungssprache dieser Dokumente nennt sich HTML (HyperText Markup Language). Dokumente in dieser Sprache können zum einen direkt programmiert werden, also mit einem Texteditor und Einfügen besonderer reservierter Textfragmente (sogenannter Token) für die Gestaltungselemente. Zum anderen gibt es eine Reihe von HTML-Editiersystemen (z.B. HotMetal, http://www.hotmetalpro.com/products/ oder Microsoft Frontpage, http://www.microsoft.com/frontpage/), die realisiert durch ausgefeilte grafische Benutzeroberflächen ebenso komfortabel wie Office-Textsysteme die Gestaltung von Web-Seiten und die Verwaltung von Web-Servern ähnlich einem Buch erlauben und somit für Nutzer ohne jegliche Programmierkenntnisse zugänglich machen.

Ein Nachteil des Internets als Informationsquelle ist die strukturfreie und nichtindizierte Ablage der Dokumente, die ein gezieltes Navigieren in diesem unendlich großem Medium erschweren (07/1999 ca. 56 Millionen vergebene Adressen und mehr als 4 Millionen

Registrierungen im kommerziellen Bereich .com, .net und .org [32]). Abhilfe schaffen Suchmaschinen [3], die automatisch das Internet nach Informationsquellen durchsuchen und Datenbanken mit verschiedenen Abfragemöglichkeiten bereitstellen. Mit dem Internet steht also ein mächtiges, allgemein zugängliches Medium zur Informationsverbreitung und damit dem Datenaustausch nach den Prinzipien eines offenen Systems zur Verfügung.

Die weite Verbreitung der Internetprotokoll- und -Dienstfamilie bewirkte außerdem die zunehmende Nutzung der Werkzeuge auch im abgeschlossenen LAN bzw. innerhalb örtlich verteilter Institutionen. Dieser Bereich der abgeschlossenen Nutzung der Internetdienste ohne Zugang für nicht zur Organisation gehörige Computer und Netzwerke wird als **Intranet** bezeichnet.

2.1.2.4 Online Datenzugriff im Internet

Die wichtigste Rolle bei der Datenbereitstellung im Internet spielen die Web-Server. Damit sind Computer gemeint, die mit Hilfe einer speziellen Software vorgefertigte Hypertext-Dokumente bereitstellen. Zu dieser Web-Server-Software können Erweiterungen addiert werden, die ein dynamisches generieren von Dokumenten aus Datenbanken, Prozessdaten oder anderen variablen Größen erlauben[153].

Als Mechanismen dafür gibt es zum einen geschlossene Systeme aus Webserver und Datenbankschnittstelle wie der Internet Information Server von Microsoft mit den Erweiterungen Active Server Pages (ASP) und Datenbank-Connector (IDC), aber auch von jeder Web-Server-Software unterstützte offene Schnittstellen wie das Common Gateway Interface (CGI, [52], http://www.w3.org/Daemon/User/CGI/Overview.html). Abbildung 2-7 verdeutlicht die Arbeitsweise des CGI. Mit dieser Schnittstelle können serverseitige Funktionserweiterungen in beliebigen Programmiersprachen erstellt werden, dabei sind bei den offenen Systemen C und Perl, aber auch Java die am meisten genutzten. Mit Hilfe standardisierter Datenbankschnittstellen (Call Level Interface, CLI, und der darauf beruhende Industriestandard Open DataBase Connectivity, ODBC [42] sowie Java Database Connectivity, JDBC[57]) können Zugriffe auf beliebige Datenbank-Server realisiert werden.

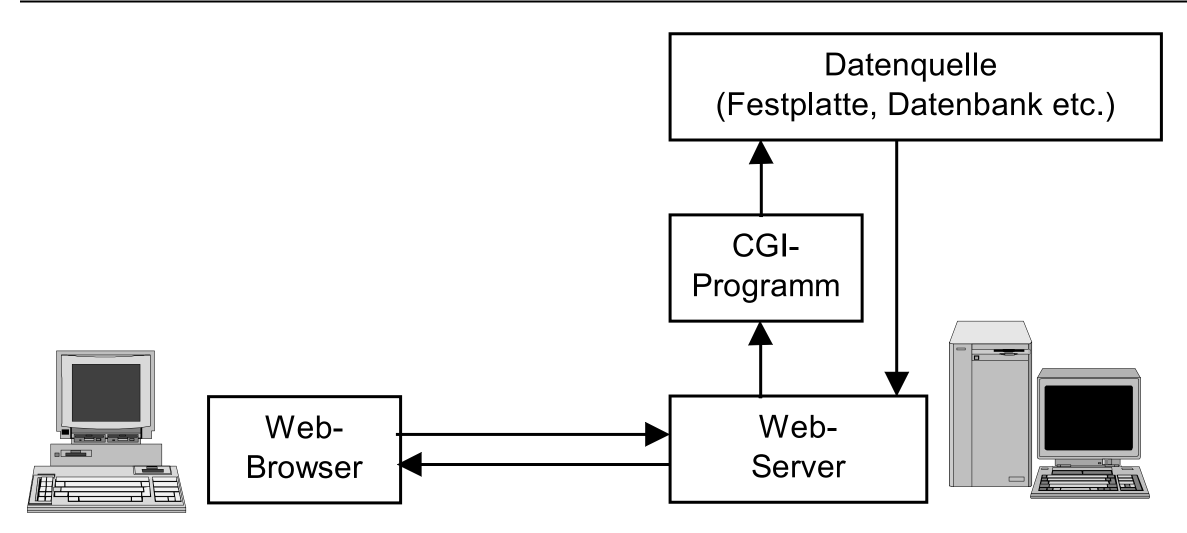


Abbildung 2-7: Funktionsweise der CGI-Schnittstelle

In Zukunft werden in großen Systemen objektbezogene Informations-Verteiler, realisiert auf der Basis von COM/DCOM (Common Object Model/ Distributed COM [135]), CORBA (Common Object Request Brooker Architecture [132]) oder im Netzwerk verteilten Java Applikationen (Remote Method Invocation - RMI, Enterprise Java Beans - EJB [150]) eine große Rolle spielen. Eine weitere erfolgversprechende Entwicklung stellt XML (Extensible Markup Language [47], http://www.w3.org/XML/) dar. XML bietet eine Reihe von Möglichkeiten zur Erweiterung des Funktionsumfangs von dynamischen Webseiten auf der Basis von strukturierten Dokumenten und Daten und könnte in Zukunft der Standard für die Abfrage von veränderlichen Seiteninhalten werden.

2.2 Erfassungssysteme für agrarmeteorologische Messdaten

Im Pflanzenbestand bildet sich ein eigenes Klima aus, welches sich erheblich vom Freilandklima unterscheidet [55]. Die Besonderheit bei der messtechnischen Erfassung dieses Kleinklimas liegt in der Auswahl der Messgrößen und der Messorte. Um die Resultate von meteorologischen Messungen im landwirtschaftlichen Bereich gegenüber anderen Witterungs- und Klimadaten abzugrenzen, werden sie als agrarmeteorologische Messdaten bezeichnet. Die Daten müssen an Orten erfasst werden, die für möglichst viele Nutzpflanzenarten relevant sind. Von Interesse sind die pflanzenbeeinflussenden Größen wie Temperatur, Licht und Wasserhaushalt. Die gemessenen physikalischen Größen sind:

- Temperatur,
- Strahlung,
- Niederschlag,
- Luftfeuchtigkeit und
- Wind.

Die Umgebungstemperatur bestimmt neben der strahlungsbedingten Eigenerwärmung die Zelltemperatur einer Pflanze, die eine wesentliche Einflussgröße auf alle Wachstums- und Stoffwechselvorgänge darstellt. Sie wird als Lufttemperatur in Höhen kurz über einem ausgewachsenen Bestand gemessen und, um durch einen zweiten Wert die Berechnung eines Temperaturprofils zu ermöglichen, kurz über dem Boden (Minimum am Erdboden). Die Bodentemperatur hat entscheidenden Einfluss auf das Bodenleben als biologische Grundlage für das Pflanzenwachstum. Sie wird in geringer Tiefe von 5 cm (Keimtemperatur, Anfangsentwicklung von Spross und Wurzeln sowie Schädlingsentwicklung) und in etwas größerer Tiefe von 20 cm und/oder 50 cm (Pflugtiefe, Frostgare, Dynamik der Bodenerwärmung) gemessen. Sie kann zum einen zur Berechnung der Verdunstung oder Modellierung des Feuchtegehaltes herangezogen werden, zum anderen zur Erfassung der Wärmeeigenschaften des Bodens oder von Bodenfrösten [29]. Mit Hilfe von Bodentemperatur und -feuchte kann z.B. die Stickstoffdynamik des Bodens ermittelt werden [30].

Die wesentliche Größe für die Energiezufuhr zu den Pflanzen ist der für die Photosynthese

bedeutsame Anteil der Globalstrahlung. Zur Ermittlung dieses als photosyntetisch aktive Strahlung bezeichneten Anteils (PAR, [43]) wird die Globalstrahlung, gemessen über dem Bestand, herangezogen [56]. Zu ihrer Messung werden im allgemeinen Solarimeter und Pyranometer [148] verwendet. Die ebenfalls bedeutende Sonnenscheindauer kann über die kontinuierliche Aufzeichnung der Globalstrahlung ermittelt werden [149].

Für die Ermittlung von Wasserhaushalt und Verdunstung durch Pflanze und Boden (Transpiration und Evaporation), aber auch für die Beurteilung der Nährstoffdynamik im Boden, der Entwicklung und Ausbreitung von Schaderregern und Pflanzenkrankheiten sind Niederschlag, Luftfeuchtigkeit und Windgeschwindigkeit zu ermitteln. Der Niederschlag wird mit einem Regenmesser erfasst, der den gefallenen Niederschlag über einer genormten waagerechten Fläche in 1 m Höhe über dem Erdboden in eine volumetrische Messeinrichtung einleitet. Bei kleinsten Niederschlagintensitäten kann die Verdunstung so groß sein, dass keine Aufzeichnung stattfindet, bei Schnee, Hagel oder Eisregen wird die Niederschlagshöhe erst nach dem Aufschmelzen des Eises erfasst. Dabei ist im Zusammenhang mit dem Luftdruck die Verdunstung zu beachten (Tripelpunkt des Wassers). Die Zeit bis zum Schmelzen wiederum hängt davon ab, ob und wenn ja, in welcher Art der Niederschlagsmesser beheizt wird.

Die relative Luftfeuchte wird als Maß für den Wasserdampfgehalt der Luft erfasst, der den Wasserverbrauch von Pflanzen auf Grund der Wasseraufnahmefähigkeit der Luft bestimmt und die Ausbreitung und Ansiedlung von Pilzsporen und Pollen (Befruchtungserfolg bei Windbestäubung) beeinflusst. Die Luftfeuchtigkeit wird über dem Bestand in 2 m Höhe gemessen. Im gleichen Zusammenhang ist der Benetzungszustand der Pflanzenteile zu erfassen. Verschiedene aufwendige Messsysteme sind direkt mit der Oberfläche von Pflanzenteilen (Spross, Blatt) verbunden, andere simulieren Blattoberflächen [54]. Die Blattnässe wird standardmäßig in einer Höhe von 1 m gemessen.

Der Wind hat großen Einfluss auf das Maß der Verdunstung als entscheidende Größe des Stofftransportes der Pflanze (Wasser), auf die Verdunstungsabkühlung und auf die Abtrocknung von Böden oder Pflanzenoberflächen. Einen weiteren Einfluss besitzt er auf die Ausbildung des Bestandesklimas sowie die Ausbreitung von Schaderregern, Pilzsporen, Pollen und auch Spritzmitteln (Pflanzenschutz). Auch für die Messung der Windes, der eine

vektorielle Größe darstellt, die einen Betrag (Windgeschwindigkeit) und eine Richtung aufweist, sind bestandesnahe Verhältnisse zu erfassen. Da der Windverlauf stark von der Geländebeschaffenheit abhängig ist, wird die Windgeschwindigkeit in 2,5 m Höhe gemessen, um keine die Messergebnisse stark verfälschenden boden- und bewuchsnahe Turbulenzen zu erfassen.

Auf die Bestimmung der Windrichtung wird im allgemeinen bei Messungen, die der Bestimmung des Bestandesklimas dienen, verzichtet. Das gilt auch für die Erfassung des Luftdruckes. Beide Größen haben hohe Relevanz bei der Wetterprognose, die jedoch an sich einen wesentlich größeren Mess- und Beobachtungsaufwand erfordert. Sind qualitativ hochwertige Wetterprognosen erforderlich, wird die direkte Mitarbeit von Meteorologen und Hochleistungsrechenanlagen nötig. Aus diesem Grund werden von automatischen Kleinwetterstationen für wissenschaftliche Zwecke keine Prognosen verlangt.

2.2.1 Automatische Messstationen

Ausgehend von der Forderung, die erfassten Messdaten in elektronischen Systemen weiterzuverarbeiten, kommen Sensoren als Wandler der nichtelektrischen technischen Prozessgrößen in elektrische Signale zum Einsatz [145]. Die für die Wandlung der meteorologischen Messgrößen verwendeten Sensoren haben als Ausgangsgrößen elektrischen Widerstand, Kapazität, Spannung oder Strom. Da nicht nur der momentane, statische Zustand der Messgrößen, sondern auch deren Verlauf interessant ist, müssen sie dynamisch über die Zeit aufgezeichnet werden. Eine gebräuchliche Möglichkeit der Aufzeichnung der elektrischen Signale über bestimmte Zeiträume bieten Datenlogger. Sie besitzen Eingangswandler für analoge und digitale elektrische Signale sowie eine Steuer- und eine Speichereinheit auf der Basis eines Mikroprozessors. Die gemessenen elektrischen Signale können entsprechend eingebauter Kennlinien oder Umrechnungsvorschriften wieder in die eigentlichen physikalischen Messgrößen umgerechnet werden. Die Weiterverarbeitung der gespeicherten Messdaten erfolgt meist auf einem universell einsetzbaren Computer wie dem PC.

Aus diesen Komponenten aufgebaute Messstationen zur Erfassung meteorologischer Größen sind im allgemeinen variabel konfigurierbar und universell für verschiedene Anwendungsbereiche einsetzbar. Bis Anfang der 80er Jahre waren derartige Wetterstationen technisch und finanziell sehr aufwendig. Beginnend in den USA wurden jedoch kleine, kostengünstige

Systeme entwickelt, die für landwirtschaftliche Anwendungen und Umweltmessungen tauglich waren ([13], http://www.campbellsci.com/history.html). In enger Zusammenarbeit zwischen Agrarmeteorologen, Pflanzenbauspezialisten, Landtechnikern und Herstellern klimatologischer Messsysteme wurde in Deutschland eine Kleinwetterstation für die Nutzung in der Landwirtschaft konzipiert [140]. Die Überprüfung der messtechnischen Eigenschaften solcher Systeme und deren Praxistauglichkeit war Gegenstand mehrerer Untersuchungen [123]. Ausgehend von messtechnischen Grundsätzen, einzugehenden Kompromissen und gesammelten Erfahrungen wurden die Anforderungen an agrarmeteorologische Messungen und damit an die dazu nutzbaren Messstationen 1991 in einer Richtlinie erfasst [149]. In Tabelle 2-3 sind die Anforderungen an die Sensoreigenschaften zusammengefasst. Die Genauigkeit der Messstation wird durch die Messgenauigkeit und Messfehler der Sensoren, deren Einbau, der Auflösung und Fehler der Analog-Digitalumsetzung sowie die Fehlerfreiheit eventuell eingesetzter numerischer Korrekturverfahren bestimmt. Daraus ergibt sich die Notwendigkeit, Messstationen mit hochgenauen und langzeitstabilen Sensoren auszustatten und in regelmäßigen, von der Stabilität und Wartungsanfälligkeit der Sensoren abhängigen Zeitintervallen Nachkalibrierungen durchzuführen.

Tabelle 2-3: In agrarmeteorologischen Messstationen eingesetzte Sensoren (nach [149])

Messgröße	**Messprinzip**	**Messbereich**	**Unsicherheit**
Lufttemperatur	Widerstandsthermometer	-30°C - +40°C	IEC 751, Klasse A
Bodentemperatur	Widerstandsthermometer	-30°C - +40°C	IEC 751, Klasse A
Luftfeuchtigkeit	kapazitiver Sensor	25 - 100% rel. Feuchte	< 5% relative Feuchte
Niederschlag	Hornersche Wippe	0 - 15 mm/min	< 5% (bis 6 mm/min)
Globalstrahlung	Pyranometer, Solarimeter, Si-Fotoelement	0 - 1000 W/m²	keine Angabe
Wind-geschwindigkeit	Schalenstern-Anemometer	0,5 - 30 m/s	bis 20 m/s: 0,3 m/s größer 20 m/s: 2%
Blattnässe	keine Angabe		

Komplettiert wird eine agrarmeteorologische Messstation durch einen Trägermast, der die Anbringung der Sensoren an der festgelegten Positionen sowie die störungsarme Befestigung der Anschlusskabel und auch meist eines Gehäuses für den Datenlogger ermöglicht.

Die dynamische Datenaufzeichnung bedeutet das Erfassen der Messgrößen in bestimmten Zeitabständen. Die Zeitabstände, auch als Messintervalle oder Abtastzeit bezeichnet, müssen so kurz gewählt werden, dass relevante Änderungen der Messgrößen erfasst werden, aber auch lang genug sein, damit keine Überflutung mit redundanten Informationen stattfindet. Dabei muss die unterschiedliche Dynamik der meteorologischen Größen berücksichtigt werden. Bei mitteleuropäischen Witterungsverhältnissen ändern sich in der Atmosphäre die Temperaturen im Bereich weniger Kelvin, die relative Luftfeuchtigkeit ändert sich weniger als 1% pro Minute, böiger Wind und Sonnenstrahlung auf Grund Sonne-/Wolken-Schatten verändern sich jedoch im Sekundenbereich. Niederschläge können sprunghaft einsetzen und enden. Weiterhin spielt die Sensordynamik eine Rolle, die abhängig vom Messverfahren, Aufbau und Applikation des Sensors ist. Mit miniaturisierten Thermoelementen können bei entsprechend gutem Wärmeübergang sekundenschnelle Änderungen der Temperatur registriert werden, an geschützten Widerstandsfühlern, wie sie z.B. für die Bodentemperaturmessung verwendet werden, müssen dagegen mehrere Minuten Ansprechzeit hingenommen werden. Die eingesetzten Wind- oder Strahlungssensoren haben Ansprechzeiten von wenigen Sekunden und sind aus dynamischer Sicht unproblematisch. Bei der Niederschlagsmessung gibt es neben Problemen der realistischen Aufzeichnung der Dynamik (z.B. bei eisförmigen Niederschlägen, vgl. Kap.2.2) auch noch eine Reihe weiterer messwertverfälschender Einflüsse [131].

Entscheidend für die Auswahl der Sensoren bezüglich ihrer Dynamik und die Festlegung der Abtastzeit sind jedoch die Forderungen der Datenanwendungen [6]. Als Abtastzeiten haben sich 10 Minuten [149] bis 30 Minuten als günstig erwiesen. Um die zufälligen Messfehler gering zu halten, werden laufend Mittelwerte aus einer Vielzahl von Einzelmesswerten gebildet. Anders verhält es sich bei der Aufzeichnung der Niederschlagsmenge. Bei Regen werden die Niederschlagsmengen innerhalb der Abtastperiode aufsummiert.

Die digitale elektronische Aufzeichnung der Daten erfolgt mit einem speziellen mikroprozessorgesteuerten Messsystem (Datenlogger [127]). Dieser Spezialfall eines Prozessrechners [33] ist für die Erfassung und Speicherung einer Reihe von Prozesssignalen, hier den Messdaten, ausgelegt. Dazu vereinigt der Datenlogger Verstärker zur Anpassung der analogen Sensorausgangssignale, Signalmultiplexer zur Eingangssignalumschaltung und Analog-Digitalwandler [126, 130] mit einer hochgenauen Uhr, Kurzzeitspeicher für einige

Messtage und Datenausgabeeinrichtungen. Die Datenausgabe erfolgt in rechnerlesbarer, weitgehend standardisierter Form.

Je nach Beschaffenheit des Ausgangssignals der Sensoren werden deren Signalausgänge direkt oder eventuell über Signalwandler (z.B. Strom zu Spannung, Signalverstärker oder Impulsformer) an den Eingangsteil des Datenloggers angeschlossen. Im Datenlogger findet für analoge Signale eine Analog-Digitalwandlung, also die Umsetzung der analogen kontinuierlichen Signale in zeitdiskrete digitale Größen statt. Die digitalen Signale, die z.B. an Regenmessern mit Wippe oder Schalenstern-Anemometern mit rotatorischen Inkrementalgebern zur Windmessung entstehen, sind nicht äquidistante Impulsfolgen bzw. duale Zustandsänderungen, die über Zählereinheiten, Zeitgeber oder Decoder in zeitdiskrete digitale Signale gewandelt werden. Von einer Steuer- und Recheneinheit werden alle Signale in ein einheitliches Zeitraster gebracht, verdichtet (meist gleitende Mittelwertbildung) oder aufsummiert und auf einem nichtflüchtigen Speichermedium zwischengespeichert. Als solche Datenspeicher dienen batteriegepufferte RAMs, verschiedene PROMS oder Chip-Karten (SRAM-, PC-Card etc.), deren Speicherplatz von wenigen Kilobyte bis zu einigen Megabyte variiert [78]. Bezogen auf die Messwerte können in Abhängigkeit von der Kanalzahl (Zahl der angeschlossenen Sensoren, eventuell erweitert um durch interne Berechnung erzeugte weitere Kanalbelegungen) und Speichergröße die Messdaten einiger Stunden bis zu mehreren Monaten gespeichert werden. Waren noch vor wenigen Jahren ca. 48 Stunden Datenspeicher-Kapazität üblich [81], so sind heute vier Wochen keine Seltenheit mehr [38].

In dem Speicher des Datenloggers liegen die Daten meist in kompakter binärer Form vor. Normalerweise findet eine Gruppierung in Datensätze statt, in der jeweils ein Zeitstempel und die zugehörigen Messdaten zusammengefasst werden. In älteren Modellen kann zur Einsparung von Speicherplatz aber auch nur ein exakter Zeitpunkt (z.B. der letzten erfolgten Messung) und das Messzeitintervall abgelegt sein und mit den Messwertgruppen wird ein laufender Index gespeichert. Organisiert sind die Speicher meist als sogenannte Ringspeicher oder FIFO-Speicher [128, 129], in denen fortlaufend Datensätze eingetragen werden und wenn der Speicherbereich ausgeschöpft ist, der jeweils älteste Datensatz überschrieben wird. Die Ausgabe der Daten erfolgt satzweise mit Hilfe von Zeigern, d.h. Speicherzellen, in denen sich der Datenlogger die Position des letzten ausgegebenen Datensatzes merkt. Je nach System wird eine unterschiedliche Anzahl solcher Zeiger verwaltet; bei manchen Systemen

ist auch die Ausgabe des gesamten Ringspeichers möglich. Nur selten kann auf einen frei wählbaren Datenausschnitt gezielt zugegriffen werden.

Die Datenausgabe kann zum einen offline mit Hilfe transportabler Datenträger wie Chipkarten (SRAM-, PC-Card) oder Disketten erfolgen, sofern der Datenlogger über ein entsprechendes Ein-/Ausgabegerät bzw. eine Schnittstelle zu einem solchen Gerät verfügt. Die zweite Möglichkeit zur Datenübergabe ist eine direkte Online-Verbindung zur Datenfernübertragung zu einem Computer. Für eine kontinuierliche Datennutzung wird normalerweise eine dauerhafte Online-Verbindung zur Messstation für die Datenübertragung geschaffen. Viele Datenlogger benutzen dafür die genormte serielle Schnittstelle des PC (V.24 bzw. RS232C [25, 122]). Als physikalisches Medium können sowohl einfache Kupferleitungen, Glasfaserleitungen oder Telemetrie-Verbindungen (kostenloser Datenfunk auf Frequenzen von 433 MHz und 866 MHz, http://www.dafu.de/) genutzt werden. Bei Kupferleitungen kann optional zur Verbesserung der Störsicherheit eine der RS232C ähnliche, jedoch auf elektromagnetische Störsignale unempfindlichere Schnittstellennorm verwendet werden (RS422, RS485). Ein einheitliches logisches Protokoll für die Datenschnittstelle existiert trotz verschiedener Bemühungen nicht [38, 80, 95, 149]. Ebenso ist die interne Struktur der aufgezeichneten Daten sehr unterschiedlich. Alle Datenlogger-Hersteller bieten daher Programmschnittstellen mit allgemein lesbaren Daten an. Die von allen gängigen Datenverwaltungsprogrammen, also sowohl Datenbanken als auch Tabellenkalkulationen lesbare Form sind Text-Tabellen mit definierten Trennzeichen zwischen den Datenfeldern und Datensätzen unter Benutzung des ASCII-Zeichensatzes (American Standard Code for Information Interchange [69]). Den prinzipiellen elektronischen Aufbau eines Datenloggers veranschaulicht das Blockdiagramm Abbildung 2-8.

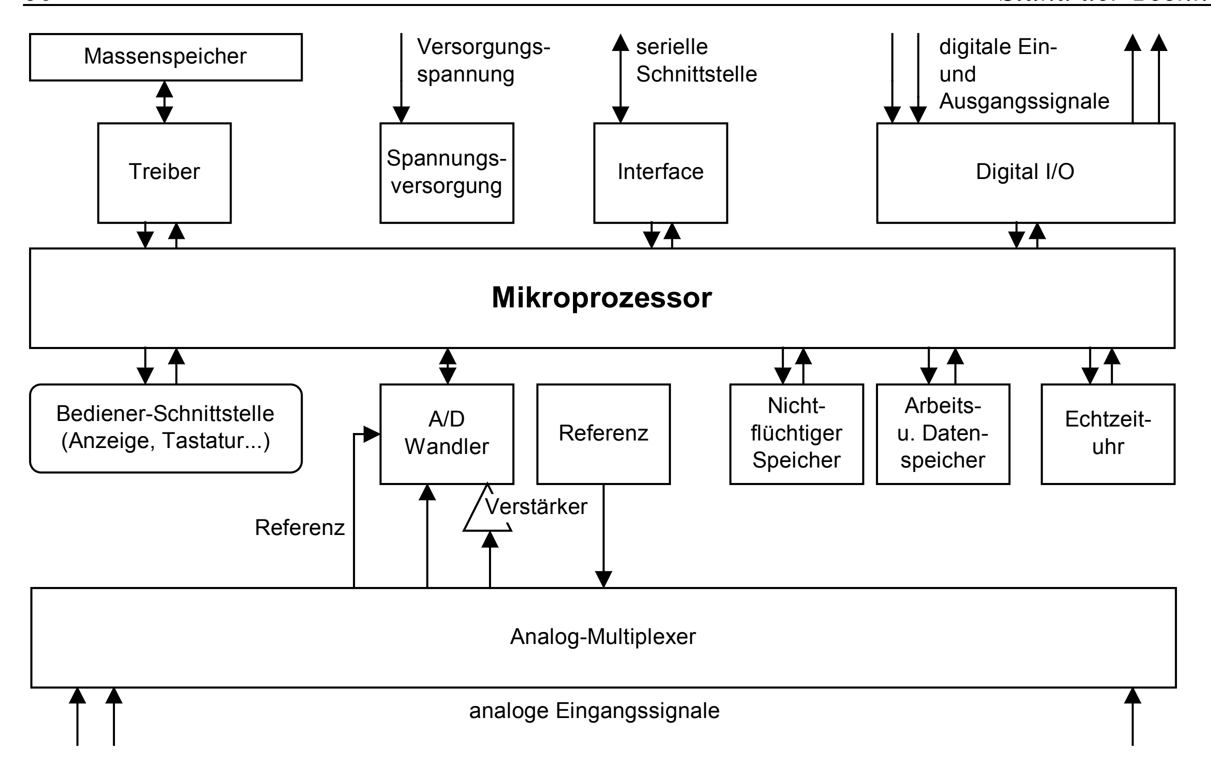


Abbildung 2-8: Blockdiagramm eines Datenloggers (nach Friedrichs [38])

2.2.2 Organisation, Vorverarbeitung, Speicherung und Weitergabe dezentral erfasster Daten

Sollen die erfassten Messdaten direkt am Erfassungsort gespeichert, verarbeitet und genutzt werden, können die normalerweise mit einer Wetterstation gelieferten Monitorprogramme verwendet werden. Aus technischer Sicht ist diese Lösung kurzfristig für einen Landwirt als Hauptanwender der Daten meist völlig ausreichend. Langfristig und aus wirtschaftlicher Sicht ergeben sich aber Probleme. Neben den Anschaffungskosten übernimmt der Betreiber allein die Pflege der Messstation mit dem Ziel der zuverlässigen Datenlieferung. Daraus ergibt sich die Gefahr der Verwendung ungesicherter Messdaten, denn aus Kostengründen oder Zeitmangel wird meist auf eine regelmäßige professionelle Pflege und Prüfung der Mess- und Aufzeichnungseinrichtungen verzichtet. Eine Kontrolle der Messwerte erfolgt in der Regel nur qualitativ durch Vergleich mit der manuellen Beobachtung. Insbesondere in den phänologischen Jahreszeiten, in denen für Prognose- oder Beratungssysteme zuverlässige Wetterdaten benötigt werden, fallen auf dem pflanzenbaulich orientierten landwirtschaftlichen Betrieb eine Reihe von wichtigen Arbeiten an, die vorrangig termingerecht bedient werden müssen. Meist wird in solchen Stoßzeiten die Kontrolle und Pflege der Messstation

stark vernachlässigt. Wirtschaftlichkeitsbetrachtungen führten zu dem Schluss, dass sich der materielle Aufwand für Installation, Betrieb und Wartung einer Wetterstation für einen einzelnen landwirtschaftlichen Betrieb durch Kosteneinsparungen nicht kurz- oder mittelfristig amortisiert; nur Großbetriebe können mit der Amortisierung einer solchen Anlage rechnen. Der ideelle und ökologische Wert und die Schonung der Umwelt durch eine ausgeglichenere Nährstoff-, Energie- und Schadstoffbilanz bei Nutzung von Beratungshilfen, die Wetterdaten benötigen, kann finanziell durch den Betreiber nicht direkt umgesetzt werden.

Daher bietet sich die überbetriebliche Nutzung einer Messstation durch verschiedene Interessenten an. Voraussetzung ist, dass die Erhebung der Messdaten an einem für ein klimatisch homogeneres Gebiet repräsentativen Ort stattfindet (z.B. Naturraum) und die Nutzung der Daten sich auf dieses Gebiet beschränkt. Diese Lösung wird besonders in Sonderkultur- oder Gartenbaubetrieben mit Intensivbewirtschaftung genutzt, bei denen auf relativ kleinem Raum Daten zu erfassen sind und zusätzlich zum landwirtschaftlichen Betrieb auch noch Forschungseinrichtungen an den Klimadaten interessiert sind [71]. Dabei treten zum einen Kostenfragen, zum anderen fachliche Ansprüche an die Quantität und Qualität der Daten als Problemfaktoren auf. Je nach Anwendungszweck kann eine Aufzeichnungstiefe, also die Speicherung von Daten aus der Vergangenheit, von einigen Tagen bis möglichst vielen Jahren von Interesse sein. Sobald eine große Aufzeichnungstiefe gewünscht wird, empfiehlt es sich die Daten in einer Datenbank zu organisieren, um nach erfolgter Aufzeichnung den Zugriff auf bestimmte Daten zu optimieren. Für wissenschaftliche, klimatologische oder statistische Betrachtungen kann außerdem noch das Datenerfassungsgebiet erweitert werden und mehrere Messstationen und Teilgebiete zusammengefasst werden. Wichtigste Voraussetzung für die weiterführende Nutzung der Daten ist ihre Zuverlässigkeit und Vergleichbarkeit. Damit eröffnet sich die Frage nach den Organisationsformen, der Verantwortung für die Wetterdatenbasis und dem damit verbundenen Aufwand.

Das Ergebnis flächendeckender Erfassungseinrichtungen können Messnetze mit zentralen oder verteilten Datenbanken sein; auf die Daten kann online (direkt auf die Messstation oder auf den Datenbestand mit elektronischen Medien) oder offline (in Schriftform oder über austauschbare Datenträger) zugegriffen werden. Ausgehend von ihren unterschiedlichen Ansprüchen an Witterungsdaten haben sich verschiedene Gruppierungen als Datenerfas-

sungsorganisationen etabliert. Mögliche Lieferanten für Wetter- und Klimadaten Deutschlands aus bodengebundenen Messprogrammen nach METTERNICH [91] zeigt Tabelle 2-4.

Tabelle 2-4: Ausgewählte Lieferanten für Wetter- und Klimadaten in Deutschland [91]

Organisationsebene	**Messprogramm**
Bund	Deutscher Wetterdienst (DWD, Offenbach) Umweltbundesamt (UBA, Berlin)
Land	Immissionsmessnetze (auch wissenschaftliche Institute) Radioaktivitätsüberwachungsprogramme Forstmeteorologische Messstationen Naturschutzprogramme
Wirtschaftliche Unternehmen	Mülldeponien Flugplätze Autobahnmeistereien

In der Regel handelt es sich dabei um vernetzte Messstationen. Die erfassten Daten sind jedoch nur beschränkt für die Verarbeitung in landwirtschaftlichen Beratungssystemen geeignet, da es sich in den seltensten Fällen um Daten aus Agrar-Erzeugungsgebieten und nie um Messwerte aus landwirtschaftlichen Pflanzenbeständen handelt.

2.3 Messnetze für agrarmeteorologische Daten

Messnetze oder Netzwerke sind durch die Zusammenfassung einer größeren Anzahl von Messstationen, die Vereinheitlichung der Datenbestände und zentrale Speicherung der Messdaten über längere Zeiträume entstanden. Als Netzwerk ist in diesem Sinn die Gesamtheit aller Knoten (Messstationen, Datenarchive, Steuereinrichtungen) und der zwischen ihnen liegenden Verbindungsstrecken zu verstehen [78]. Die Definition eines Datennetzes als Gesamtheit der Einrichtungen, mit denen ausschließlich Datenverbindungen zwischen Datenendeinrichtungen hergestellt werden (nach DIN 44302), wird damit um die Endeinrichtungen selbst erweitert. Computer-Netzwerke werden in ihrer Topologie nach Bus-, Ring- oder Sternstruktur unterschieden. Auch für Messnetze kann diese Klassifizierung genutzt werden, wobei die Datenerfassungsstruktur im allgemeinen sternförmig ist, d.h. alle Messstationen kommunizieren mit einem zentralen Punkt, in dem die Daten geordnet erfasst, abgelegt und für die weitere Nutzung bereitgestellt werden. Fällt eine Station aus, können alle anderen weiterhin unbeeinflusst mit der Zentrale kommunizieren. Messnetze können aber auch in Busstruktur aufgebaut sein. Beispiel für diese Topologie sind Netze mit Funk-

datenübertragung und Relaisstationen, die Punkt- zu Punkt- Verbindungen zwischen Zentrale und am weitesten entfernter Station als Kette von Knoten über alle Stationen realisieren.

Ein Messnetz kann sich sowohl auf bestimmte örtlich zusammenhängende Gebiete beziehen (typisch für die agrarmeteorologischen Messnetze der Bundesländer) oder auf weitverzweigte Anlagen wie Autobahnen. Da oft große Datenmengen anfallen und meist auch die Langzeitspeicherung historischer Messdaten gewünscht ist, liegen den Systemen große Datenarchive zugrunde. Wegen der hohen Anschaffungs- und Betriebskosten sind Messnetze entweder an größere Unternehmen gebunden oder arbeiten kostendeckend durch den Verkauf der Daten an mehrere Interessenten, bzw. sie werden auf Grund von politischem oder wissenschaftlichem Interesse mit öffentlichen Mitteln gefördert.

2.3.1 Internationale Beispiele

In vielen Ländern mit einer hoch technisierten Landwirtschaft und einer entwickelten Informationsinfrastruktur sind agrarmeteorologische Messnetze zu finden. Insbesondere in den USA werden zur Bewässerungssteuerung, aber auch für Entscheidungshilfen im Pflanzenschutz Wetterdaten aus Messnetzen genutzt. Im folgenden werden einige internationale Beispiele für meteorologische Messnetze, vorwiegend aus den USA, die überwiegend durch Agrarproduzenten genutzt werden, vorgestellt. Einige Messnetze bieten aktuelle und historische Messdaten sowie regionale Beratungsergebnisse (Beregnungsinformationen, Pflanzenschutzhinweise, Witterungswarndienste) kostenlos im Internet oder über Mailboxen an. In anderen Regionen werden von den staatlichen Wetterämtern Wetterdaten über verschiedene Medien gegen Bezahlung auf verschiedenen gedruckten und elektronischen Medien angeboten.

In Tabelle 2-5 sind internationale agrarmeteorologische Datenerfassungsnetze nach Ausstattung sowie Art und Inhalt der Datenbereitstellung aufgeführt. Der überwiegende Teil dieser Messnetze bietet Schnittstellen zur Online-Datenbereitstellung.

Tabelle 2-5: Beispiele internationaler (agrar-)meteorologischer Messnetze mit öffentlicher Informationsbereitstellung

Name, Ort; Betreiber	**Ausstattung**	**Datenbereitstellung**
SILO [99], Australien; National Climate Centre, Bureau of Meteorology	Niederschlag Temperaturen	Freier Zugang: Internet (WWW), Karten, Tabellen (ungeprüfte Daten), beruhend auf Tageswerten Registrierter Zugang (WWW, FTP, kostenpflichtig): Archiv, geprüfte Listen
CoAgMet [27, 74] Colorado, USA; Collorado Climate Center	ca. 30 Messstationen; Luft- und Bodentemperaturen, rel. Luftfeuchte, Wind, Sonnenstrahlung, Niederschlag, Blattnässe	Freier Zugang: Internet (dynamische Web-Seiten), e-Mail an spezielle Nutzer, Einwahl in Terminal-Server Roh- und zusammengefasste Daten, Grafiken (Plots), Transpiration Reports
CIMIS -California Irrigation Management System- [102], Kalifornien USA; California Department of Water Resources	Ca. 90 Stationen; Sonnenstrahlung, Lufttemperatur und –feuchte, Bodentemperatur, Windgeschwindigkeit und –richtung, Niederschlag	Internet (Telnet): kostenlos mit Zugangskontrolle
NCARS Weather and Climate Network [101], Nord Carolina; North Carolina Agricultural Research Service des SCO - State Climate Office of North Carolina	14 Stationen: Lufttemperatur und –feuchte, Bodentemperatur, Niederschlag, Windgeschwindigkeit und –richtung, Luftdruck, Sonnenstrahlung und PAR	Internet (WWW): kostenlose Tagesdaten
MESONET [20, 98]	108 Stationen in Oklahoma, Texas (geplant, [104]), Realisierung seit 1997 Utah u.a. [100]	Bulletin Board System (BBS [79]): Verschiedene Daten und Beratungsergebnisse, teilweise kostenpflichtig.
Info-Net [22] , Virginia USA; Virginia Tech	Wetterdaten von 8 Wetterzentren: Lufttemperatur und -feuchte, Bodentemperatur, Niederschlag.	Kostenloser Zugang über Bulletin Board System: Pflanzenschutz-Informationen (Erdnüsse)
Agrarmeteorologisches Messnetz MeteoSchweiz	ca. 40 Stationen, 160 phänologische Beobachtungsorte	Kostenpflichtige Informationen im Abonnement [90]

Als herausragendes Beispiel für bestehende meteorologische Netzwerke mit überwiegend landwirtschaftlicher Nutzung auf der Basis der Nutzung moderner Informations-Infrastrukturen zur Online-Datenübertagung soll das „**Oklahoma MESONET**“ etwas eingehender beschrieben werden. In seinem Aufbau und der Geschichte ist es, zwar in einer anderen Dimension, mit dem Bayerischen agrarmeteorologischen Messnetz vergleichbar. Das MESONET („mesoscale network“: Verschiedene räumliche und Zeitliche Dimensionen von wenigen bis einigen hundert Meilen Abstand der Messstationen und wenigen Minuten bis zu mehreren Stunden Abstand der Messwerte in einem Netzwerk vereint) wurde Anfang der 90er Jahre vom Klimatologischen Dienst (Oklahoma Climatological Survey) sowie den geologischen und agrartechnischen Fakultäten der bedeutendsten Universitäten des Bundesstaates (University of Oklahoma und Oklahoma State University) unter Nutzung eines bestehenden Weitverkehrs-Datenfunknetzes errichtet. Es besteht aus 108 Messstationen mit einer Sensor-Grundausstattung zur Messung folgender Parameter:

- Regen,
- barometrischer Luftdruck,
- Sonnenstrahlung,
- Lufttemperatur und relative Luftfeuchte in 1,5 m Höhe,
- Windgeschwindigkeit und -Richtung in 10 m Höhe,
- Bodentemperatur in 10 cm Tiefe unter blankem Boden und unter Gras.

Einige Stationen besitzen eine Zusatzausstattung zur Messung der weiteren Größen:

- Lufttemperatur in 9 m Höhe,
- Windgeschwindigkeit in 2 m Höhe,
- Bodentemperaturen (5 und 30 cm) und
- ergänzende manuelle Messungen der Bodenfeuchte.

Besonders ausgereift ist die Datenübertragung, die nur durch die kostenfreie Nutzung des (Funk-) Telekommunikationsnetzes „OLETS“ (Oklahoma Law Enforcement Telecommunications System des Oklahoma Department of Public Safety) so effizient möglich ist. Die Daten werden mit nur kurzer Verzögerung nach ihrer Messung im 15-Minuten Takt an ein Zentralrechenzentrum übertragen. Dieses Computerzentrum übernimmt:

- den Datenabruf,
- das Datenbankmanagement,

- die Qualitätssicherung,
- die Datenarchivierung sowie
- die Erzeugung und Verbreitung der Produkte, von denen die landwirtschaftlich interessanten weiter unten genannt werden.

Es sind also wirkliche Echtzeit-Wetterdaten verfügbar, die einerseits im Klimatologischen Dienst und an den beiden Universitäten für Forschung und Lehre in Direktanbindung an die Datenbasis genutzt werden, andererseits über eingeschränkten Zugriff auf eine Mailbox (Bulletin Board [79]) von Schulen, Wirtschaftsunternehmen und öffentlichen Einrichtungen bezogen werden können. Als dritter Weg der Veröffentlichung stehen noch Anzeige-Terminals in einigen öffentlichen Einrichtungen zur Verfügung. Im landwirtschaftlichen Bereich werden die Daten insbesondere in Beregnungs-Beratungssystemen [72], zur Bestimmung günstiger Anbautermine, zum Pflanzenschutzmanagement, zur Koordinierung des kontrollierten Abbrandes von Weiden etc. sowie zur Hochwasser- und Unwetterwarnung herangezogen [14].

In weiteren Bundesstaaten der USA existieren an das „Mesonet“ angelehnte weitverzweigte hochautomatisierte Messnetze [100], deren Hauptnutzung jedoch nicht im Agrarbereich liegt bzw. welche sich noch im Aufbau befinden [104].

2.3.2 Agrarmeteorologische Messnetze in Deutschland

In Deutschland ist in den nächsten Jahren die Erweiterung bzw. Umstrukturierung des Beobachtungsnetzes des Deutschen Wetterdienstes zu einem ebenso gut ausgebauten, hoch automatisierten Messnetz wie dem „Oklahoma Mesonet“ geplant [73]. Auch das bereits bestehende Mess- und Beobachtungsnetz des DWD ist eine hervorragende und zuverlässige Quelle qualitativ hochwertiger Klima- und Witterungsdaten. Jedoch werden diese Daten hauptsächlich für die Wettervorhersage und für allgemeine, globale meteorologische Fragestellungen gesammelt. Die fachlichen Ansprüche der Landwirtschaft an die Wetterdaten sind jedoch auf agrarmeteorologische Messdaten ausgerichtet, die möglichst nah an den Anbauorten erfasst (und nicht modelliert) werden. Daher wurden im Laufe der letzten Jahre mit der Verfügbarkeit kostengünstiger automatischer Kleinwetterstationen von den Landwirtschaftsministerien der deutschen Bundesländer oder deren nachgestellten Organisationen agrarmeteorologische Messstationen installiert und zu Messnetzen zusammengefasst. Die

Entscheidung zur Schaffung solcher Messnetze beruht auf dem starken Bedarf der Agrarwissenschaftler an aktuellen, exakten, flächendeckenden regionalen, pflanzenbaulich relevanten Witterungsdaten als Grundlage für ein EDV-gestütztes Beratungssystem (vgl. Kap. 1). Das mögliche Einsparungspotential an mineralischen Düngemitteln durch gezielte Berechnung des Bedarfes der Pflanzen (z.B. Stickstoffbilanz) und an Pflanzenschutzmitteln auf Grund von Befallsprognosen, die neben anderen Eingangsgrößen von Witterungsdaten abhängig sind, wurde sehr hoch eingeschätzt [115].

In Tabelle 2-6 sind die deutschen agrarmeteorologischen Messnetze und deren Betreiber aufgeführt ([91], u.a.).

Tabelle 2-6: Agrarmeteorologische Messnetze in Deutschland [91]

Bundesland	**Organisation**	**Betreiber**
Baden- Württemberg	Netzwerk	Landesanstalt für Pflanzenschutz, Stuttgart
Bayern	Netzwerk	Bayerische Landesanstalt für Bodenkultur und Pflanzenbau, München
Hessen	Netzwerk	Hessisches Landesamt Regionalentwicklung und Landwirtschaft, Kassel
Niedersachsen		Landwirtschaftskammer Hannover, Pflanzenschutzamt
Rheinland-Pfalz	Netzwerk	Landespflanzenschutzamt Rheinland-Pfalz, Mainz
Sachsen [163]	Netzwerk	Sächsische Landesanstalt für Landwirtschaft Dresden
Thüringen [49]	Netzwerk	Landwirtschaftliche Untersuchungs- und Forschungsanstalt (LUFA) Thüringen

Das Baden-Württemberger Netz wurde von 1992 bis 1996 aufgebaut und besteht aus insgesamt 35 Kleinmessstationen und 10 agrarmeteorologischen Messstationen entsprechend VDI 3786, Blatt 13 (Agrarmeteorologische Messstation [149]). Alle Stationen erfassen Lufttemperatur, Luftfeuchtigkeit und Lichtstärke in 2 m Höhe sowie Niederschlag und Blattnässe. Die Messwerte werden im 10- bzw. 12-Minuten Takt in den Stationen gespeichert. Von dort sind sie per Telefon durch die Pflanzenschutzberater der Landwirtschaftsämter und den Betreiber abrufbar. Die Nutzung der Daten erfolgt vorwiegend im Pflanzenschutzwarndienst für den Obstbau (Apfelschorf und Feuerbrand) [26] und im Ackerbau unter der Nutzung des Expertensystems proPlant [152].

In Hessen werden 12 agrarmeteorologische Messstationen entsprechend VDI 3786 in Ergänzung zu den Messstationen des DWD betrieben. Ihre Daten werden täglich automatisch abgerufen, zentral auf Plausibilität geprüft und mit Hilfe des Programmsystems AMBER [85] ausgewertet. Als Ergebnis entsteht dreimal wöchentlich ein „Wetterfax für die Landwirtschaft" [63].

Ebenfalls als Ergänzung zu den Stationen des DWD werden in Niedersachsen 23 agrarmeteorologische Messstationen nach VDI 3786 mit zusätzlichen Windrichtungssensoren betrieben. Die Stundenmittelwerte und Tagesextremwerte werden im Online-Betrieb zentral beim Betreiber erfasst und für Prognosemodelle in den Bereichen Pflanzenschutz und Düngung bereitgestellt.

Das Messnetz in Rheinland-Pfalz besteht aus 30 Stationen nach VDI 3786. Auch hier werden die Daten per Telefon-Modem zentral abgefragt und im zentralen Datenbanksystem „AGMEDA" des Betreibers abgelegt. Dort stehen sie für die Auswertung in Prognosemodellen zur Verfügung. Seit 1997 existiert eine Bereitstellung ausgewählter Daten im WWW [167]. Neueste Bestrebungen sollen zu einer Vernetzung der Daten mit anderen bestehenden Messnetzen und einem gemeinsamen Metadatenbestand führen.

Auf Grund der Umstrukturierung der Landwirtschaft in den neuen Bundesländern ist auch dort in den landschaftlich stärker strukturierten Gebieten der Bedarf nach regionalen agrarmeteorologischen Messdaten für die Realisierung einer umweltgerechten Pflanzenproduktion gewachsen. In Sachsen ergänzen heute ca. 30 Kleinwetterstationen für Sonderkulturen (Hopfen, Wein, Äpfel) und 11 agrarmeteorologische Messstationen (VDI 3786) die 13 nutzbaren Stationen des DWD.

Auch in Thüringen erfassen ca. 10 agrarmeteorologische Stationen die in VDI 3786 angegebenen Messwerte, die beim Betreiber gespeichert und in Form spezieller Empfehlungen als Ansage-, FAX- und Btx-Informationen für die Anwender bereitgestellt werden [50].

Einen besonderen Stand innerhalb der agrarmeteorologischen Messnetze in Deutschland nimmt das Bayerische Messnetz ein.

2.4 Bayerisches agrarmeteorologisches Messnetz

Der Deutsche Wetterdienst (DWD) konnte in Bayern die von der Landwirtschaft geforderten Daten wegen der oben genannten unterschiedlichen Messziele und auf Grund seines weitmaschigen Netzes, das der agrarräumlichen Landschaftsgliederung nicht angepasst ist, nicht liefern. Eine Verdichtung des bestehenden DWD-Wetterbeobachtungsnetzes durch Kleinwetterstationen zur regionalen Erfassung agrarmeteorologischer Daten wurde aus fachlichen und Kostengründen abgelehnt. Im Spannungsfeld zwischen Bereitschaft zur umweltschonenden Pflanzenproduktion und wirtschaftlicher Unsicherheit reagierte die Politik mit der Bereitstellung der notwendigen finanziellen und organisatorischen Mittel zum Aufbau des Bayerischen agrarmeteorologischen Messnetzes unter Berücksichtigung der gewonnenen wissenschaftlichen Erkenntnisse. Die Bayerische Staatsregierung hat 1989 mit dem „Programm umweltgerechter Pflanzenbau" [103] ein System vorgestellt, das basierend auf exakter Datenerhebung und -verwaltung in einer Schlagkartei, durch Laboruntersuchungen und automatisch erfasste Wetterdaten dem Landwirt EDV-gestützte Entscheidungshilfen anbietet. Die Realisierung des flächendeckenden Ausbaus des heute ca. 115 Messstationen umfassenden und täglich etwa 150.000 Messwerte liefernden Netzes begann 1989 [5].

Begründet durch die landschaftliche und klimatische Vielfalt sowie die große flächenmäßige Ausdehnung des Bundeslandes ist dieses das agrarmeteorologische Messnetz mit der größten Anzahl an Messstationen. Es war das erste automatisch arbeitende agrarmeteorologische Messnetz in Deutschland. Weil es in kürzester Zeit realisiert wurde, ist es bezogen auf die technische Ausstattung der Stationen, die alle die Forderungen der VDI 3786 erfüllen, sehr homogen. Es kommen weitgehend einheitliche Messstationen eines Typs eines Herstellers zur Anwendung. Die Stationen wurden bei Landwirten oder auf staatlichen Versuchsbetrieben von einer Anlagenbaufirma (Elektrotechnik, Elektronik) installiert und anfangs auch betreut.

2.4.1 Messstation

Die verwendete modulare Messstation FMA 86 „Weihenstephan" wurde von der Firma für Klimatologische Messtechnik Wilhelm Lambrecht GmbH Göttingen hergestellt. In der genutzten Konfiguration entspricht sie dem gemeinsamen Konzept von Agrarmeteorologen, Pflanzenbauspezialisten, Landtechnikern und dem Hersteller [140]. Sie stellt einen Kom-

promiss zwischen messtechnischen und ökonomischen Anforderungen dar. Nur die wirklich für die Nitrat-Modellierung und Beratungssysteme im Pflanzenschutz benötigten klimatischen Größen werden erfasst.

2.4.1.1 Messwertgeber (Sensoren)

An jeder eingesetzten Station werden Lufttemperaturen in 2 m und 20 cm Höhe über dem Boden, Bodentemperaturen in ungestörten Bodenprofilen in 5 cm und 20 cm Tiefe mit Platin-Widerstandsthermometern Typ PT100, DIN3 [DIN 43760] gemessen. Zur Verringerung des Strahlungseinflusses werden die Lufttemperatursensoren aktiv belüftet, d.h. die Umgebungsluft wird mit einer Strömungsgeschwindigkeit von ca. 1 m/s an ihnen vorbeigeleitet. Die relative Luftfeuchte wird in 2 m Höhe mit einer Haarharfe, die die feuchteabhängige Längsausdehnung von Haaren in eine Widerstandsänderung umwandelt, erfasst. Die Windgeschwindigkeit wird in 2,5 m Höhe mit einem kleinen Schalenstern-Anemometer mit tachodynamischem Drehzahlmesser ermittelt. Zur Messung der Globalstrahlung, zu der normalerweise teure thermoelektrische Sensoren (z.B. Sternpyranometer) verwendet werden, wird ein wesentlich kostengünstigeres Silizium-Photoelement verwendet, dessen Kennlinie in dem für den pflanzenbaulich relevanten Strahlungsbereich linearisierbar ist. Eine Voraussetzung für die Verwendung dieses Strahlungssensors ist eine zyklische Nachkalibrierung. Diese wiederum ist so aufwendig, dass seit einigen Jahren diese Sensoren doch durch aufwendigere Systeme ersetzt werden, nämlich Pyranometer mit geschwärzter Empfängerfläche und darunter liegender Thermosäule. Der Niederschlag wird in 1 m Höhe über dem Boden gemessen. Das dazu verwendete Messsystem besitzt einen Auffangtrichter mit der standardisierten Auffangfläche von 200 cm² und einer Horner´schen Wippe [64], die nach definierter Füllung mit Wasser in die jeweils andere stabile Lage kippt, wobei die Kippbewegung einen elektrischen Impuls auslöst. Zum Verringern von im Auffangtrichter auftretenden Verschmutzungen ist ein Vogelschutz-Draht, eine kleine Edelstahldrahtwendel ca. 1 cm nach außen versetzt, am Trichterrand angebracht. Einige Stationen sind zusätzlich mit Bodentemperaturgebern in 50 cm Tiefe und Blattnässesensoren 1 m über dem Boden bestückt. Der Blattnässesensor simuliert den Benetzungszustand von Pflanzenteilen auf der Grundlage der Untersuchungen an realen Objekten [54]. Befinden sich auf der Sensoroberfläche ausreichend große Wassertropfen oder ein geschlossener Film, gibt der Sensor ein logisches Signal 1 aus, im anderen Fall 0 (trocken).

Eine Übersicht über die eingesetzten Sensoren gibt Tabelle 2-7. Für spezielle Untersuchungen in Sonderkulturen (Hopfen) und Obstbau wurde an vereinzelten Stationen die Modularität ausgenutzt und noch weitere Lufttemperatur- und Blattnässesensoren im Pflanzenbestand installiert. Den schematischen Aufbau einer Messstation und die Lage der Sensoren zeigt Abbildung 2-9.

Tabelle 2-7: In der FMA 86 "Weihenstephan" eingesetzte Sensoren

Messgröße	**Messort**	**Messprinzip**	**Einheit (unkalibriert)**	**Messfehler**	**Bemerkung**
Lufttemperatur	2 m	Pt 100 (Platin-Widerstand)	°C (Ohm)	0,1K	Belüftet, in Schutzrohr
	20 cm				
Bodentemperatur	5 cm	Pt 100 (Platin-widerstand)	°C (Ohm)	0,1K	Gekapselt oder am Mast-schwert
	20 cm				
	50 cm				
Luftfeuchte	2 m	Haarharfe	% (Ohm)	2,5%	in Messhütte
Wind-geschwindigkeit	2,5 m	Schalen-anemometer	m/s (mV)	2%	ab ca. 0,7 m/s
Strahlung	2 m	Siliziumzelle	W/m² (mV)	s.Text	z.T. auch Pyranometer
Niederschlag	1 m	Horner'sche Wippe	mm (Impulse)	s.Text	Beheizt ab 0°C
Blattnässe	1 m	Leitwert	% (V/m)	Einstellungs-abhängig	Umgesetzt in % bezogen auf Messzeit

Der Trägermast besteht aus verschweißten und verzinkten Rechteck-Rohren aus Stahl. Alle Sensorbefestigungsöffnungen und Kabeleinführungen wurden abgedichtet, damit die Luft von einem zentral angebauten Lüfter durch die Schutzrohre der Lufttemperatursensoren angesaugt wird [139]. Der Trägermast wird entsprechend den Aufstellungsvorgaben [149] exakt ausgerichtet und fest verankert aufgestellt. In Abbildung 2-10 ist eine voll ausgebaute Messstation dargestellt.

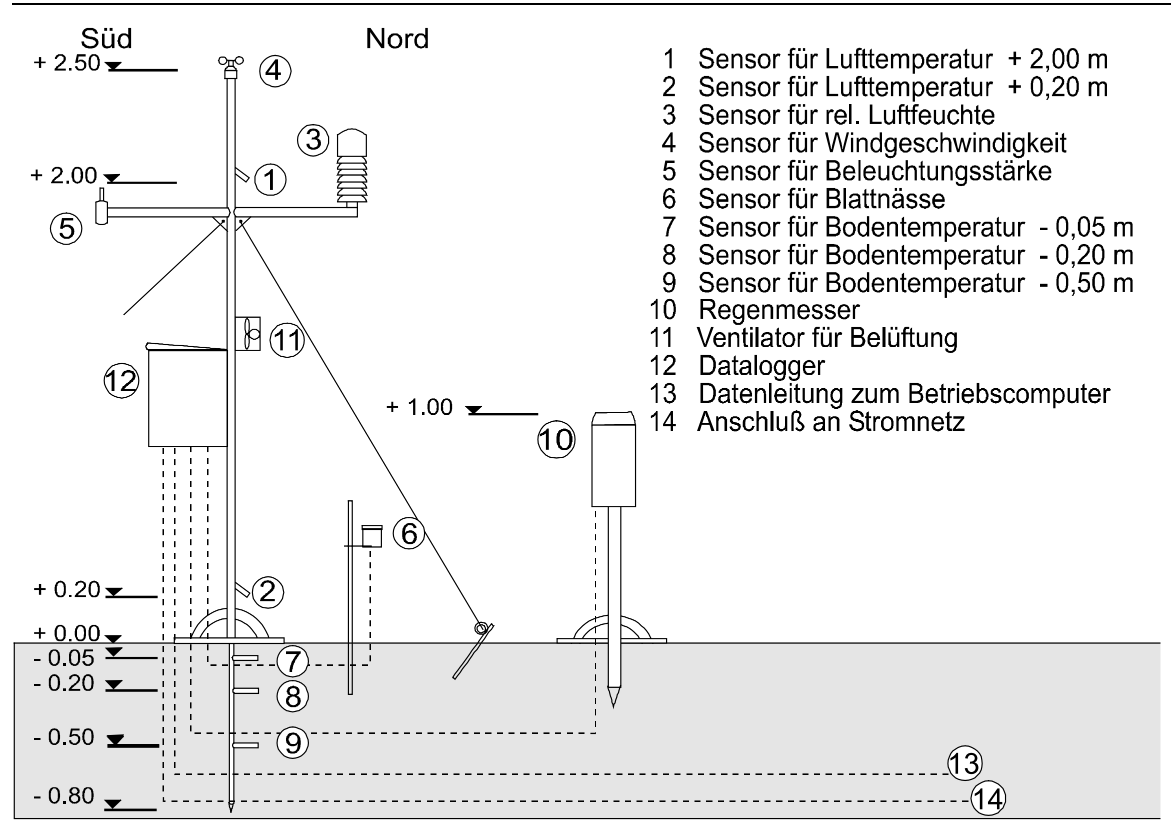


Abbildung 2-9: Schematischer Aufbau der Messstationen im Bayerischen agrarmeteorologischen Messnetz



Abbildung 2-10: Ansicht einer agrarmeteorologischen Messstation (Nr. 6 Roggenstein Kreis Fürstenfeldbruck, 10/94, Quelle LBP)

2.4.1.2 Datenaufzeichnung

Zur Datenerfassung wird ein modular aufgebauter Datenlogger (vgl. Kap. 2.2.1) verwendet. Die Sensoren sind je nach Beschaffenheit des Ausgangssignals eventuell über Signalwandler (z.B. Strom zu Spannung, Signalverstärker oder Impulsformer) an den Eingangsteil des Datenloggers angeschlossen. Der Logger basiert auf einem Mikroprozessor Intel 8086 [124]; die Baugruppen sind entsprechend ihren Funktionen auf einzelne Leiterkarten in Normgröße verteilt. Eine im Gehäuse angebrachte Rückverdrahtung auf Leiterkartenbasis realisiert die Verbindung zwischen den Baugruppen. Ein normal (ohne Sonderkomponenten) ausgebauter Datenlogger besteht aus einer Control Processor Unit (CPU)-Platine, zwei Interface-Platinen, und einer Stromversorgungsplatine. Auf der CPU-Platine sind Prozessor, Arbeitsspeicher, Programmspeicher (EPROM) für die Firmware, Echtzeituhr und Schnittstelle zum Auswertecomputer (PC) untergebracht. Jede Interfaceplatine besitzt 4 Analogeingänge, die als Spannungsmesskanal (z.B. Globalstrahlungssensor) oder in Verbindung mit einer integrierten Konstantstromquelle als Widerstandsmesskanal (z.B. Pt 100 Temperatursensor) verwendet werden können und 4 Digitaleingänge, die als Zustands- oder Zählereingänge benutzt werden können. Die Messstation wird vom 230V-Stromnetz versorgt, da zwar der elektrische Leistungsbedarf des Datenloggers mit einer Solarstromversorgung abgedeckt werden könnte, aber nicht der zusätzliche Energiebedarf für den Motor zur Temperatursensor-Belüftung und die Niederschlagsmesser-Heizung. Die Stromversorgungseinheit wurde bei einigen Messanlagen durch einen einfachen Überspannungsschutz komplettiert.

Die Messung der Eingangsgrößen erfolgt im 10 Sekundentakt, aus diesen Werten werden durch gleitende Mittelwertbildung wahlweise 10-, 30- oder 60-Minuten Mittelwerte gebildet. Mit den Zählereingängen wird die Anzahl der in diesem Intervall aufgetretenen definierten Pegelwechsel (Impulse) gezählt, also aufsummiert. In einem Ringspeicher werden die Messdaten gemeinsam mit einem fortlaufendem Index und einmaliger Speicherung der Messintervall-Zeit und dem Zeitstempel einer Messung entsprechend der quarzgenauen Echtzeituhr als Datensatz aufeinanderfolgend abgelegt. Dieser Ringspeicher besitzt ein Speichervermögen von 512 Datensätzen, bei einem 10-Minuten Messintervall also für reichlich 85 Stunden bzw. 3,5 Tage. Speicher und Echtzeituhr sind batteriegepuffert, so dass ein kurzer Stromausfall nicht den Verlust bereits erfasster Messdaten bewirkt. Die Messdaten werden über die genormte Schnittstelle RS232C (V.24 [24, 25]) oder eine 20mA Strom-

schleife per herstellerspezifischen Datenprotokoll zum PC übertragen. Für die Datenübertragung, -archivierung und -visualisierung der Messdaten wird vom Hersteller die spezielle Software FMA-PC [81] zur Verfügung gestellt. Die Wetterdaten werden auf der Basis des Index-basierten Dateiverwaltungssystems „Btrieve“ organisiert, das Programmschnittstellen zu verschiedenen Programmiersprachen besitzt [120]. Mit dem Programm FMA-PC kann die Station außerdem konfiguriert werden und es können Diagnose- und Serviceaufgaben wahrgenommen werden. Spezifische Einstellungen der Station werden auf dem PC in speziellen Dateien abgespeichert.

2.4.2 Standorte der Messstationen

Ziel der Aufstellung der Messstationen war eine flächendeckende Bereitstellung exakter Wetterdaten für landwirtschaftliche Zwecke. Die Standorte wurden jedoch nicht gleichmäßig in einem geometrischen Raster, sondern auf der Basis der naturräumlichen Gliederung ausgewählt. Die Grundlage bildete die „Standortkundliche Landschaftsgliederung“ [160] für Bayern unter Berücksichtigung der Erzeugerschwerpunkte, von Leitböden, verschiedenen Bodenarten und von regional unterschiedlichen klimatischen Verhältnissen. In jedem Naturraum wurden ca. zwei Stationen errichtet, weitere Standorte wurden gezielt nach Erzeugungsschwerpunkten in Gebieten mit Sonderkulturen (Hopfen, Obst- und Weinbau) eingefügt [147]. Die Stationsnummern wurden vom Betreiber willkürlich, in den meisten Fällen entsprechend der Reihenfolge bei der Aufstellung, vergeben. Einige Stationen wurden aus verschiedenen Gründen abgebaut oder versetzt. Die Stationsnummern abgebauter Stationen wurden manchmal bei einem Neuaufbau der Station auf einem völlig anderen Standort wiederverwendet. Abbildung 2-11 zeigt die Verteilung der insgesamt 117 Stationen zum angegebenen Zeitpunkt im Jahr 2000.

Wegen der notwendigen Anbindungen an Strom- und Telefonnetz sowie die notwendige Beaufsichtigung und Kontrolle der Anlagen (Beschädigungen) wurden als konkrete Aufstellungsorte pflanzen- oder obstbaulich bewirtschaftete Flächen in einer Entfernung von ca. 50 bis 500 m von landwirtschaftlichen Gebäuden gewählt. Dabei soll die Geländeform sowie Bewuchs, Zusammensetzung und Schichtung des Bodens für eine möglichst große Umgebung repräsentativ sein. Die eigentliche Errichtung erfolgte entsprechend den Aufstellungsrichtlinien nach VDI-Richtlinie 3786, Blatt 13 [149]. Dementsprechend sind die Station in

der Mitte einer eingezäunten, gemähten Messfläche ohne Büsche etc. aufgestellt. Der Abstand zwischen dem Trägermast mit Standardsensoren und Datenlogger und dem Niederschlagsmesser beträgt mindestens 2 m.

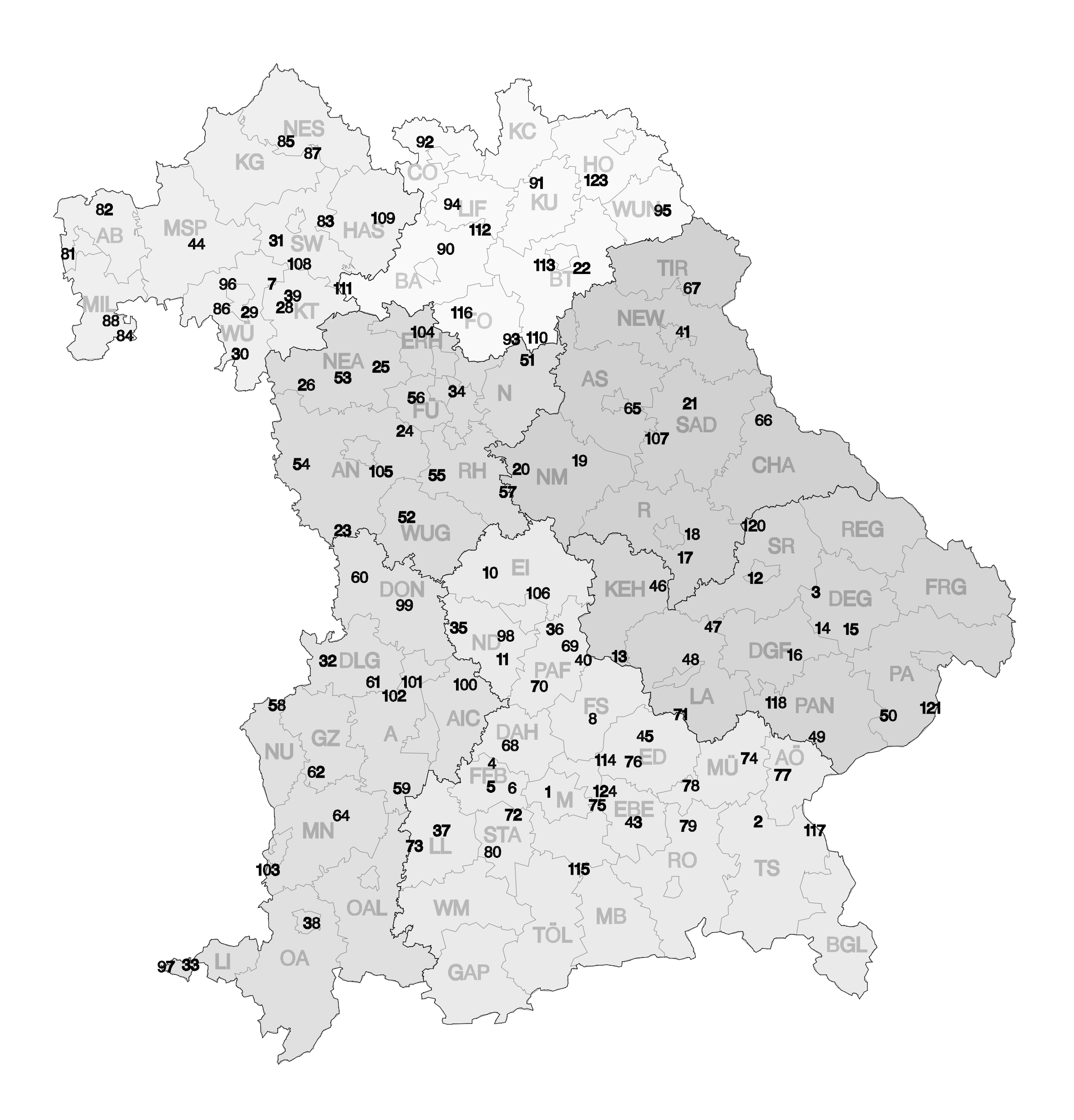


Abbildung 2-11: Standorte der Messstationen des Bayerischen agrarmeteorologischen Messnetzes (02/2000, Quelle LBP)

2.4.3 Zentrale Datenerfassung

Die im Datenlogger abgespeicherten Wetterdaten werden einmal täglich zeitgesteuert zum PC des stationsbetreuenden landwirtschaftlichen Betriebes (Betriebs-PC) übertragen. Zusätzliche Datenabrufe durch den Landwirt sind möglich und beeinflussen nicht den Datenbestand. Jedoch kann dabei das Kommunikationsverhalten des Gesamtsystems

beeinflusst werden (siehe Kap. 3.1.2.1). Der Betriebs-PC arbeitet unter dem Betriebssystem MS-DOS oder einer Windows-Version mit DOS-Fenster zur Ausführung des Datenabruf-programms FMA-PC. Der PC wird zu einer definierten Zeit in den frühen Morgenstunden per Zeitschaltuhr eingeschaltet. Nach dem Betriebssystemstart arbeitet er eine Startprozedur für das Datenabrufprogramm ab. Das Datenabrufprogramm liest daraufhin alle noch nicht übertragenen Messwerte von der Wetterstation in eine PC-Datenbank und verdichtet die Daten zu Stundendaten. Aus diesen Stundendaten werden die für das Bayerische Landwirtschaftliche Informationssystem BALIS notwendigen Werte selektiert und formatiert. Dann startet der Betriebs-PC ein spezielles Datenfernübertragungsprogramm (DFÜ-Programm) für das Messnetz, das den Videotext-Kommunikationsdienst Btx nutzt. Es wählt mit Hilfe spezieller Btx-Hardware (Hardwaredecoder DBT03, später nach der Umstellung zu Datex-J per Standardmodem) einen öffentlichen Einwahl-Knoten an. Dann schafft das Btx-System eine Verbindung zu einer Applikation auf dem Großrechner des BayStMELF, dem BALIS-Host-Rechner. Dieser Rechner ist aus der Sicht des Btx-Systems ein externer Rechner, d.h. die Btx-Informationen werden auf diesem Rechner aufbereitet und gespeichert, aber nicht auf das Btx-System des Telekommunikationsunternehmens überspielt. Das Programm FMA-PC verhält sich wie ein Btx-Benutzer, der Btx-Seiten anwählt und ausfüllt. Es überträgt die Daten oder eine grobe Fehlermitteilung, falls keine Daten zur Verfügung stehen, auf diesem Weg über das öffentliche Kommunikations-System an den BALIS-Rechner. Dort werden die Daten in der Zentralen Host-Datenbank abgelegt. Die Abbildung 2-12 zeigt einen Überblick über den Datentransfer.

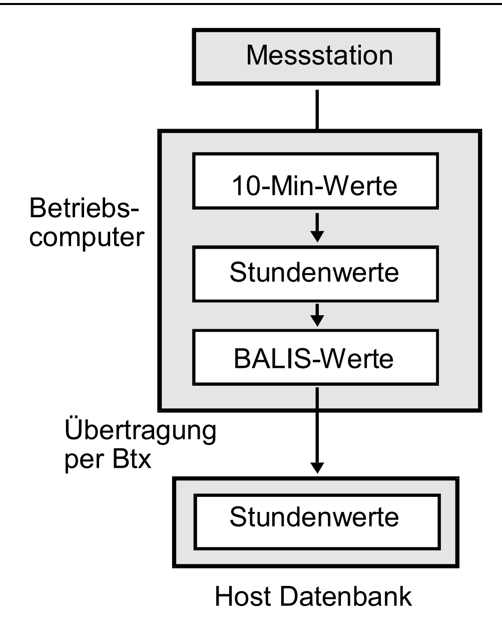


Abbildung 2-12: Übersicht über den Datenfluss im Bayerischen agrarmeteorologischen Messnetz (Stand 1993)

Nach der erfolgreichen Übertragung der Stundendaten von den Wetterstationen werden die Messdaten auf Vollständigkeit und grobe inhaltliche Fehler geprüft (plausibilisiert) und zu Tagesdaten zusammengefasst. Dabei werden weitere meteorologische Kenngrößen wie Minima, Maxima und Summen gebildet.

Die jeweils eingesetzten Programme sind in sich geschlossene Lösungen, die für den konkreten Datenübertragungsfall zugeschnitten wurden und zum Teil auf Normungsansätze zur Gestaltung der Schnittstellen zugreifen (Tabelle 2-8).

Tabelle 2-8: Genormte Schnittstellen des Datenerfassungssystems

Schnittstelle	**Norm, Normungsgremium**
Datenlogger – PC	RS 232C, ANSI, CCIRR, DIN (siehe Kap. 2.2.1)
PC – Btx-Einwahlknoten	CEPT, CCIRR [70]
Btx-System – Externer Rechner	Btx-ER, Datex-P, Deutsche Bundespost; X.25, X.21, CCIRR, [70]

2.4.4 Datenbank

2.4.4.1 Datenbankserver und Datenbankmanagementsystem

Die zentrale Datenbank befindet sich auf dem Großrechner des BayStMELF, der vom

dortigen Rechenzentrum als Hochverfügbarkeits- und Hochleistungssystem betreut wird. Das System ist ein IBM-Mainframe der Hardware-Familie ES/9000, später ESA/390 mit dem Betriebssystem MVS/ESA [109, 116]. Als Datenbank-Managementsystem (DBMS) kommt IBM-DB2 zum Einsatz, ein voll transaktionsfähiger SQL-Datenbank-Server mit verschiedenen Steuer-, Programmier- und Netzwerkschnittstellen [17, 21]. Wie bei relationalen Datenbanken üblich, werden die Informationen als Tabellen abgelegt. Das Managementsystem verwaltet neben den Wetterdaten eine Vielzahl weiterer logischer Datenbanken, die nicht in fachlichem Zusammenhang mit dem agrarmeteorologischen Messnetz stehen und auf die nicht weiter eingegangen wird. Wird im folgenden von der Datenbank gesprochen, ist immer der vom DBMS referenzierte Bereich gemeint, in dem die agrarmeteorologischen Daten abgelegt sind. Neben den Stundendaten sind das Informationen über Standort, Eigenschaften, Zustand und Betreuer der Messstationen.

Der Zugriff auf die abgelegten Daten erfolgt entweder von einer Arbeitsstation des Großrechners oder über das lokale Netzwerk. Im Rechenzentrum sind dazu IBM-spezifische Komponenten zur Telekommunikation (Virtual Telecommunication Access Method, VTAM), zum verteilten Zugriff auf das Datenbankmanagementsystem (Distributed Relational Database Architecture DRDA, Distributed Database Connectivity Services DDCS) und zum eigentlichen Netzwerkzugriff (Systems Network Architecture, SNA und Logical Unit 6.2, LU 6.2) installiert, die physikalisch über ein Token-Ring Netz erreichbar sind [70].

2.4.4.2 Aufbau der Datenbank (Konzeptionelles Schema)

Schon in der ersten Ausbaustufe der Datenbank war der Grundsatz bei ihrer Entwicklung, ein System mit möglichst umfassender Schnittstelle zwischen Wetterstation, Messdatenbasis, Anwender und Administrator zu schaffen. Trotzdem wurde eine relativ flache Datenstruktur verwendet, die Witterungsdaten, Standortinformationen und einige Protokoll- und Steuerinformationen auf die Datenbank abbildet.

Die Tabellen gliedern sich entsprechend ihrer Aufgaben in 4 Gruppen:

- Steuertabellen,
- Protokolltabellen,
- Messwerttabellen,

- Stationsinformationen.

Eine Normalisierung wurde nicht vorgenommen, obwohl daraus resultierend keine optimale Datenbank-Struktur vorliegt und keine optimale Ressourcenausnutzung stattfindet. Für die Anwender gibt es spezielle Sichten auf die Tabellen, die jedoch keine Zusammenfassung bestimmter Daten erzeugen, sondern Formatwandlungen und Vorfilterungen vornehmen. In Tabelle 2-9 sind die Tabellen der Datenbank und deren Normalisierungszustand, der ein Anhaltspunkt für die Effektivität der Datenablage ist, zusammengefasst aufgelistet.

Tabelle 2-9: Tabellen und Normalisierungszustand der agrarmeteorologischen Datenbank (1. Ausbaustufe)

Gruppe	Tabelle	Spalten	Inhalt	Normal.
Steuerung	MLWECMD	7	Kommandos vom Host zum PC (Wetter-station)	Ja
	MLWEJOB	6	Steuerung der Host-Programme	Ja
Protokoll	MLWTMT	7	Btx-Übertragungsstatus	Ja
	MLWEPROT	6 + 75	Fehler an Station oder PC, vom PC gemeldet	Nein
	MLWEKORR	11	Korrekturtabelle des Host-Prüfprogramms	Ja
	MLWEMAIL	4	Ergebnismeldungen des Host-Prüfprogramms	Ja
Witterungs-daten	MLWESTU	20	Stundendaten und daraus abgeleitete Daten	Nein
	MLWETAG	58	Tagesdaten	Nein
	MLWESON	40	Sonderwerte (nicht an allen Stationen vorhandene Sensoren), Stunden- und Tagesdaten	Nein
	MLWEREP	20	Sicherung der Stundendaten	Nein
	MLWESONR	58	Sicherung der Sonderwerte	Nein
	MLWEREF	20	Stundendaten-Referenztabelle	Nein
Stations-informationen	MLWESTA	27 + 47	Stationsbeschreibung und Parameter für spezielle Pflanzenschutzberatungen	Nein
	MLWESTE	4	Entfernungen zwischen Stationen	Ja
	MLWEBEA	4	Adressdaten Stations-Beauftragte	Ja

2.4.5 Datenbereitstellung

Für die Bereitstellung der Witterungsdaten aus der zentralen Datenbank des BayStMELF an beliebige Nutzer wurden bisher zwei Wege beschritten. Die allgemein nutzbare Bereitstellung von Daten und auf ihnen beruhenden Pflanzenschutzempfehlungen findet über Btx (Datex-P, T-Online, Seite *220330#) statt. Für die interne Nutzung durch die bayerische Landwirtschaftsverwaltung wird eine Datenbereitstellung bzw. Ankopplung spezieller Applikationen direkt über die Großrechneranbindung innerhalb des BayStMELF und seiner nachgeordneten Dienststellen (Landesanstalten, Landwirtschaftsämter) realisiert. Die frei zugängliche Btx - Lösung ist durch textorientierte Btx-Seiten im CEPT-Format realisiert

(CEPT T/CD 6-1 [78]). Hier kann der Interessent über Dialog-Masken eine ihm bekannte Station entweder namentlich auswählen oder anhand verschiedener Listen, geordnet nach Stationsnummern bzw. -namen, Regierungsbezirks- und Landkreisschlüssel oder KFZ-Kennzeichen, auswählen. Nach Eingabe des Zeitraumes für die gewünschten Daten und Datenart (Stunden- oder Tageswerte) bekommt der Anfragende ein Antwortfenster mit maximal 10 Datenzeilen und fest vorgegebenem Ausschnitt an Messwerten (Luft- und Bodentemperatur, relative Luftfeuchtigkeit, Blattnässe und Niederschlagsmenge, Abbildung 2-13).

```
BALIS - Teleberatung                   0,00 DM
Tageswerte für : Frankendorf
HINWEIS:Ende der Daten erreicht
Station:   45 Datum:13.09.1998

Datum         .Temperatur.Feuchte % .Nied
              .Luft.Boden.Luft.Blatt.schl
.........................................
03.09.98       16,9  16,7  94    49  14,0
04.09.98       17,1  16,8  81    35   0,1
05.09.98       13,5  17,1  98    69  30,2
06.09.98       13,1  16,3  92    75   9,8
07.09.98       13,6  15,9  85    36   0,0
08.09.98       14,5  16,1  93    68   0,7
09.09.98       16,8  16,0  79    50   0,0
10.09.98       19,6  16,7  74    29   0,6
11.09.98       14,0  17,2  98    94  18,5
12.09.98       11,4  16,3  91    58  21,2
Auswahl: .
#=anzeigen ab Datum  V=zeigen vor Datum
W=weiter   Z=zurück  P=1.Pos.  L=Letzte
0=.        2=Anzeige der Stundenwerte
ggf. andere Station wählen,  sonst #
                                        31155f
```

Abbildung 2-13: Wetterdaten-Ausgabebildschirm von BALIS-Btx

Die interne Anwendung basiert auf der LAN/WAN-Verbindung zum Großrechner und besteht in einer lokalen Programmversion des Btx - Dialoges, einer Reihe von Dienstprogrammen zur Verwaltung und Überwachung der Stationen, sowie Stapelverarbeitungsprogrammen (Batch-Programmen) zur dateiorientierten Dateneingabe und -ausgabe. Weiterhin sind von diesem behördeninternen Anwenderkreis noch auf anderen Programmpaketen basierende Applikationen nutzbar. Am weitesten verbreitet ist der Zugriff über die Benutzerschnittstelle für DB2 „SPUFI“ (SQL Processor Using File Input) und über die Datenbankschnittstelle des Statistik-Systems SAS [60]. Beide Applikationen arbeiten unter TSO (Time

Sharing Option des Großrechnerbetriebssystems MVS [143]). Die Übernahme der Witterungsdaten in PC-basierende Standard-Bürolösungen zur Datenanalyse (z.B. Microsoft Excel, Access) ist nur über Kopieren und Einfügen („drag and drop") von ausgewählten Datenausschnitten und nur für den an diesem lokalen Netzwerk partizipierten, ausgewählten Nutzer online möglich. Von den terminalbasierenden Anwendungen ist der schrittweise Übergang zum Behördennetz geplant, einem in informationstechnischer Sicht offenen Intranet, welches eine breite Vielfalt an Client-Server- Softwarelösungen erlaubt.

2.4.6 Organisation

Die Kontrolle über das Messnetz obliegt dem Bayerischen Staatsministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten. Der Betreiber des Messnetzes ist die Bayerische Landesanstalt für Bodenkultur und Pflanzenbau als nachgeordnete Dienststelle, die die Organisation übernimmt. Durch sie wird die finanzielle Bewirtschaftung, die technische Betreuung und tägliche Kontrollaufgaben vorgenommen. Für ausschließlich technische Aufgaben wie Veränderungen und Reparaturen an den Stationen sowie die turnusgemäßen Wartungsarbeiten gibt der Betreiber Aufträge an eine Wartungsfirma weiter. Der Betrieb des Datenbankmanagementsystems und der dazu nötigen Infrastruktur wird vom Rechenzentrum des BayStMELF realisiert, die Kontrolle und Pflege der Datenbank übernimmt der Betreiber. Aufträge für Entwicklungen im Hard- und Softwarebereich werden an Dritte vergeben. Die Verantwortung für den reibungslosen Betrieb der technischen Systeme des Bayerischen agrarmeteorologischen Messnetzes ist also auf mehrere Institutionen verteilt (Tabelle 2-10).

Tabelle 2-10: Betreuer der Datenabruf-Systemkomponenten

Komponente	**Verantwortlich für die Betreuung**
Messstation und Datenlogger	Wartungsfirma
Betriebs-PC	Landwirt / Gutsverwalter
Btx-Box bzw. Modem	Landwirt / Gutsverwalter
Btx-Zugang	Deutsche Post / Telekom (örtlich)
Btx-Rechner	Deutsche Post / Telekom (Btx-Zentrale)
BALIS-Rechner, Datenbank	Rechenzentrum des BayStMELF

2.5 Zusammenfassung

Zur Realisierung von Informationssystemen, deren Aufgabe die flexible Ad-hoc-Umwandlung von Daten in Informationen ist, gibt es verschiedene Modelle. Aufgrund der Vielzahl der möglichen Systemplattformen (Hardware, Betriebssystem, Anwendersoftware) hat sich eine möglichst starke Trennung von Daten und Datenzugriffsmethoden in Form von Datenbanken als Basistechnologie etabliert. Zur Schaffung allgemein nutzbarer und erweiterungsfähiger Modelle für Datenerfassungs- und Bereitstellungssysteme sind informationstechnisch offene Systeme besonders geeignet. Auf der Basis der Internet-Technologie wurden in der letzten Zeit leistungsfähige Hilfsmittel zur Realisierung einer standardgerechten offenen Kommunikationsstruktur geschaffen.

Um das lokale und Mikroklima in Pflanzenbeständen realistisch erfassen zu können, wurden automatische agrarmeteorologische Messstation entwickelt, die aktuelle, rechnerlesbare Witterungsdaten für den Pflanzenbau bereitstellen. Aus ökonomischen Gründen bei der Aufstellung und beim laufenden Betrieb sowie aus fachlichen Vorteilen bei der Entwicklung neuer Beratungs- und Prognosesysteme auf Grund vergleichbarer Daten für verteilte Flächen, werden mehrere Messstationen zu Messnetzen zusammengeschlossen. Die Daten werden in zentralen Datenbanken abgelegt und können somit von qualifizierten Fachleuten oder zentral gepflegter Software aufbereitet, analysiert und bewertet werden.

Die Bereitstellung dieser Daten oder Beratungsergebnissen erfolgt auf verschiedenen Wegen: telefonisch, per Fax, über Bildschirmtext (Btx bzw. T-Online) und im Anfangsstadium bereits auch über das Internet. Dabei werden jedoch die Möglichkeiten der modernen Informationsverarbeitung bei weitem nicht ausgeschöpft, was sich in Folge als Unsicherheit bei der Datenübertragung und mangelhaften oder fehlenden Beratungsergebnissen äußert.

Generell ist ein ausgeprägter Wiederspruch zwischen hohen Investitionskosten für relativ beständige, langlebige Gerätetechnik im Datenerfassungsbereich auf der einen Seite und dem rasanten Entwicklungstempo der Informationstechnik, verbunden mit der schnellen Ablösung veralteter Technologie, auf der anderen Seite zu verzeichnen.

3 Problem- und Zielstellung

Für die Entwicklung und beim praktischen Einsatz von Beratungssystemen im Rahmen des umweltgerechten Pflanzenbaus oder zur Verwirklichung von Systemen zur teilflächenbezogenen Feldwirtschaft (Precision Farming) sind aktuelle, regionale agrarmeteorologische Messdaten eine wichtige Basisinformation. Der Anwender dieser Informationen benutzt für deren Aufbereitung eine unterschiedlich aufwendige und moderne Infrastruktur. Der Zugriff auf die Wetterdaten muss ebenso wie der Zugriff auf andere Daten transparent und objektbezogen, ohne besondere Kenntnisse der physikalischen Struktur der Datenerfassung, -haltung und -verbreitung erfolgen. Dieses Problem des Datenzugriffs sowie der Sicherstellung der Aktualität und Vollständigkeit der Basisdaten ist bisher nicht zufriedenstellend gelöst.

Das System, das dem Anwender einen transparenten Datenzugriff ermöglicht, muss intern flexibel sein, um an veränderte technische Randbedingungen angepasst werden zu können. Der Benutzer selbst soll jedoch von diesen Änderungen unbeeinflusst bleiben. Für die Nutzung der Daten müssen ihm einfache Mittel zur Visualisierung und Auswahl geboten werden, ebenso sollen Entwickler von spezieller Anwendersoftware durch exakt definierte Schnittstellen die Möglichkeit haben, flexibel auf die Daten zuzugreifen.

Generell gib es viele Möglichkeiten zur Realisierungen von Systemen zur Erfassung und Bereitstellung von Informationen aus großen Datenbasen. Für agrarmeteorologische Messdaten gibt es jedoch keine allgemeine Methode zur Realisierung eines flexiblen Datenmanagementsystems unter Nutzung moderner informationstechnischer Möglichkeiten.

Das Ziel der Arbeit soll daher die Realisierung eines flexiblen Systems zur Schaffung einer aktuellen, zuverlässigen und aussagefähigen agrarmeteorologischen Datenbasis und zum verteilten Zugriff auf diese Datenbasis sein. Das System soll aus informationstechnischer Sicht ein offenes System sein, das allgemeingültig auf Grund der Übertragbarkeit und Erweiterbarkeit ist. Das bayerische agrarmeteorologische Messnetz soll als exemplarisches Beispiel für die Entwicklung und Überprüfung eines solchen offenen Datenmanagementsystems für agrarmeteorologische Messdaten dienen.

3.1 Problemanalyse der bestehenden Lösung

Die Errichtung vieler technischer Anlagen, die nicht vordergründig gewinnbringend arbeiten können -so auch der meisten Messnetze- , erfolgt unter Kostendruck und mit der Auflage, vorhandene personelle und technische Ressourcen zu nutzen. Damit kann aber gleichzeitig der Spielraum zur Schaffung weitsichtiger Lösungen eingeengt werden. Im Rahmen der Errichtung des Bayerischen agrarmeteorologischen Messnetzes wurde versucht, eine möglichst einheitliche Struktur bezogen auf die einzelnen Messorte zu schaffen. Außerdem sollte möglichst viel vorhandenes Wissen und vorhandene Arbeitskraft einsetzbar sein. Damit wurde zwar für den Start eine optimale Lösung geschaffen, jedoch wurden auf Grund des hohen Innovationsdruckes auf dem Gebiet der Informationstechnologie bald ernsthafte Grenzen erreicht.

In den vorstehenden Kapiteln wurden die allgemeinen Rahmenbedingungen (vgl. Kap. 2.1 - 2.3) und das direkte Umfeld des bestehenden Datenmanagementsystems eingehend beschrieben (vgl. Kap. 2.4). Im Folgenden werden nun die Problemschwerpunkte herausgearbeitet. Das Datenmanagementsystem besteht grob gesehen aus den in Tabelle 3-1 aufgelisteten Komponenten. Die als mangelhaft eingeordneten Komponenten verursachen Probleme und müssen daher ausgetauscht werden. Dabei soll unbedingt darauf geachtet werden, dass ein offenes System entsteht. Prinzipiell entstehen zwei neue Teilsysteme -Datenerfassung und Datenbereitstellung- die jeweils örtlich getrennt sind und über Kommunikationsnetze mit dem Kernsystem, also der Datenbank, verbunden werden müssen.

Tabelle 3-1: Mangelhafte und stabile Komponenten des bestehenden Datenmanagementsystems

Teilsystem	Mangelhafte Komponente	stabile Komponente
Datenerfassung	Datenübertragungsstrecke Datenlogger/PC	Datenlogger
	PC beim Stationsbetreuer	
	DFÜ-Einrichtung beim Stationsbetreuer (Btx-Decoder)	Öffentliches Kommunikationsnetz
	DFÜ-Einrichtung beim Betreiber (Btx Externer Rechner)	
Datenspeicherung	Datenmodell für anwachsenden Datenbestand	Großrechner (Datenbank)
Datenbereitstellung	DFÜ-Einrichtung beim Betreiber (Btx Externer Rechner)	Öffentliches Kommunikationsnetz
	DFÜ-Einrichtung beim Anwender (Btx-Decoder)	

3.1.1 Anlagensicherheit

Beim Aufbau der Messstationen wurde ein großer Anteil an Eigenleistungen, insbesondere im Bereich der Verkabelung der Anlagen, durch die betreuenden Landwirte oder Versuchsgüter erbracht. Diese kostengünstige Lösung hatte jedoch den Nachteil, dass nicht immer die geltenden Vorschriften eingehalten oder standortspezifische Beeinträchtigungen richtig eingeschätzt wurden. Die nachträgliche Gewährleistung der elektrischen Sicherheit entsprechend der geltenden Vorschriften nach VDI/VDE [61] wurde nach dem Wechsel der betreuenden Wartungsfirma in den Jahren 1993-1995 realisiert. Ein weiterer Mangel bestand in der Vernachlässigung notwendiger Maßnahmen zum Überspannungsschutz bei den meisten Messstationen und den angeschlossenen Übertragungs- und Datenerfassungseinrichtungen. Dieser Mangel wurde durch die Implementierung verschiedener Überspannungsschutz-Einrichtungen behoben [97]. Für die wissenschaftliche Arbeit zur Schaffung eines offenen Datenmanagementsystems müssen diese Probleme und die durchgeführten Maßnahmen nur als Nebenbedingungen bei der Analyse und Überprüfung des Systems registriert werden.

3.1.2 Übertragungssicherheit und Datenverfügbarkeit

3.1.2.1 Datenerfassung über Btx

Die Aufgabenstellung zur vorliegenden Arbeit wurde zu einem Zeitpunkt formuliert, zu dem der systematischen Verbesserung des Datenmanagementsystems mit wissenschaftlichen Methoden schon praktische Selbsthilfe des Betreibers vorausgegangen war. Aus diesem Grunde sind abgesicherte quantitative Aussagen zur Zuverlässigkeit des Datenübertragungssystems nicht möglich. In internen Mitteilungen (LBP) wird in den Jahren 1992 und 1993 vor Einführung der ersten Erweiterungen ein Anteil der automatisch online übertragenen Daten von ca. 40% genannt. Nachträglich wurden die Daten von den Wetterstationsbetreuern mit Hilfe eines speziellen Selektionsprogramms aus der Datenbank des Programms FMA-PC auf Disketten überspielt und dem Datenbankbetreiber zugestellt, der diese wiederum in die zentrale Datenbank einspielen konnte. Auf diese Weise sind nur wenige Daten für nachträgliche klimatische Betrachtungen verlorengegangen. Jedoch sind auch keine exakten Aussagen über den Anteil der nachträglich übertragenen Daten gegenüber den online per Btx gesendeten mehr möglich.

Die deutliche Unsicherheit des Übertragungsweges Btx lag einerseits in Mängeln an der eingesetzten Software, andererseits jedoch an der Verfügbarkeit des externen Btx-Rechners. Zudem wurde bei dem damaligen Betreiber, der Deutschen Bundespost, das Btx System umgestaltet. Unter dem neuen Namen Datex-J wurde von den bis dahin hauptsächlich eingesetzten Hardware-Decodern zu Softwaredecodern in Verbindung mit AT-kompatiblen Industriestandard-Modems übergegangen [70]. Diese Veränderungen machten eine Erneuerung der eingesetzten DFÜ-Komponenten für das Messnetz zwingend notwendig. Weitere Gründe für die Unzuverlässigkeit der Datenfernübertragung waren die Steuerung der Datenlieferung durch die Zeitschaltuhr, die den PC zum gewünschten Lieferzeitpunkt einschaltet sowie die dynamische Anpassung der Startdateien des PC. Verbleibt beim Ausschalten des PC versehentlich eine Diskette im PC, konnte dieser die Datenabruf-Routine zum erforderlichen Zeitpunkt nie starten. Ein weiterer Mangel war die Ausrichtung der Übertragung auf den aktiven PC. Damit diktiert dieser den Zeitpunkt der Lieferung. Im Fall einer nicht stattgefundenen Übertragung oder als fehlerhaft eingestuften Daten kann von der zentralen Datenbank ausgehend keine automatische Nachforderung der Daten stattfinden. Es

ist immer eine Person erforderlich, die den PC an der Station als potentielle Fehlerquelle kontrolliert.

3.1.2.2 Datenbereitstellung über Btx

Die Mängel dieser Benutzerschnittstelle lagen nicht in der Anwendung selbst, sondern in der Technologie, auf der sie basiert. Werden die in Kapitel 2.1.2.2 zur Zukunft von Btx (T-Online) getroffenen Betrachtungen berücksichtigt, so kann diese Lösung in Zukunft nur noch wenige Interessenten erreichen oder sie verursacht zusätzliche Kosten und eine Bindung an einen speziellen Online-Dienst-Provider. Jede Erweiterung und Anpassung dieses Systems wäre umständlich und unzeitgemäß. Außerdem findet im internen Bereich des BayStMELF und der nachgeordneten Stellen eine fortschreitende Einstellung der Unterstützung der Großrechner-Anwendungen zugunsten von Intranet- und PC-Lösungen statt. In Zukunft soll die Btx-Schnittstelle für BALIS durch das BayStMELF vollständig eingestellt werden. Der Bedarf an einer vergleichbaren Schnittstelle besteht jedoch auf der Seite der Nutzer, um die angebotenen Daten direkt in Anwenderprogrammen verwenden zu können. Auch die zentrale Bereitstellung von Informationen, die aus den Witterungsdaten abgeleitet werden, könnte durch einen Internet-basierenden Online-Zugriff auf die Datenbank wesentlich vereinfacht werden. Als Beispiel sei auf Institutionen verwiesen, die Pflanzenschutz-Empfehlungen auf eigenen WWW-Servern bereitstellen können, während diese Anwendungen die benötigten Witterungsdaten wiederum vom Datenbankserver über das Internet beziehen könnten, ohne dass der Endanwender den Datentransfer veranlassen und organisieren müsste. Mit der Schaffung des Behördennetzes ist in Zukunft auch für den internen Bereich (Intranet) eine einheitliche, auf Internet-Technologien basierende Datenbereitstellungslösung möglich.

3.1.2.3 Offenheit des Informationstechnischen Systems

Begründet durch den Stand der Technik zum Beginn der Installation des Messnetzes und die hohen Anschaffungskosten von informationstechnischen Geräten wurde die Realisierung des Datenmanagementsystems durch die beim Betreiber vorhandene Rechentechnik geprägt (IBM-Großrechnersystem als geschlossenes System). Insbesondere die wachsende Bedeutung der Datenübertragung über Internet-Technologie auf der Basis der TCP/IP- Protokollfamilie und -Dienste als einer Technik, die stark an der Standardisierung durch das OSI 7-Ebenenmodell orientiert ist, konnte damals nicht abgeschätzt werden. Jedoch wurde schon

zu Beginn der Realisierung des Datenmanagementsystems versucht, eine Modularisierung zu schaffen. Den Kern des Systems bildet eine relationale Datenbank mit standardisierter Schnittstelle. Somit war das damalige Konzept als Grundlage für ein offenes System nicht untauglich; die genutzte Infrastruktur (Rechnersysteme, Programmiersprachen und DFÜ) verhindert jedoch die Portierung und Erweiterung.

3.2 Zielstellung

Für das konkrete Beispiel des bayerischen agrarmeteorologischen Messnetzes ergibt sich die Notwendigkeit zur Überarbeitung des Datenmanagementsystems mit dem Ziel der Qualitätssicherung und besseren Verfügbarkeit der Messdaten. Dazu soll das vorhandene System unter folgenden Gesichtspunkten umgestaltet werden:

- Vollautomatischer Betrieb bei nahezu 100% Zuverlässigkeit der Datenübertragung
- Variable Anbindung von mehr als 100 Messstationen,
- Bereitstellung geprüfter Messdaten für die Anwender in verschiedenen geeigneten Formen,
- Vollständige Dokumentation des Systems und der Betriebsdaten (Logbucherstellung),
- Beständigkeit, Anpassbarkeit, Erweiterungsfähigkeit.

Diese praxisorientierten Vorgaben sollen durch die Schaffung eines universellen, offenen Systems erreicht werden, das sich vorrangig auszeichnet durch:

- Anwendung oder Schaffung von Standards,
- Portabilität und Interoperabilität (Anwendbarkeit in heterogener Umgebung),
- Skalierbarkeit und modularer Aufbau in Client-Server-Architektur.

Dabei sollen moderne, nachvollziehbare Methoden der Modellierung und Realisierung von Informationssystemen eingesetzt werden, die wiederum die effektive Nutzung von verbreiteten, standardisierten Kommunikations- und Informationsdiensten ermöglichen.

Bei der Weiterentwicklung des Datenmanagementsystems für das Bayerische agrarmeteorologische Messnetz sind außerdem Grundsätze für Arbeiten an produktiv arbeitenden Anlagen zu beachten, das bedeutet konkret: Der laufende Betrieb des Datenmanagementsystems muss

in jeder Erweiterungsphase garantiert sein. Datenverluste dürfen nicht stattfinden, gegebenenfalls sind temporäre Mechanismen zu installieren, die eine Nachlieferung oder Offline-Erfassung von Messdaten sichern, die nicht bei der zentralen Datenbank eingegangen sind. Einschränkungen in der Aktualität der Messwerte können nur dann in Kauf genommen werden, wenn von einer dedizierten Nachbarstation Messwerte verfügbar sind, die für den Anwender noch akzeptable Eingangsdaten für Entscheidungshilfen liefern.

Als Ausblick soll eine Einordnung des konkreten offenen Informations-Erfassungs- und Bereitstellungssystems für agrarmeteorologische Messdaten als Teilaspekt offener Informationssysteme in der Agrarwirtschaft vorgenommen werden.

3.2.1 Qualitätsmerkmale

Für die Beurteilung von Softwaresystemen haben sich in den letzten Jahren einheitliche Bewertungskriterien herauskristallisiert, die in der vorliegenden Arbeit für die Überprüfung des verbesserten Datenmanagementsystems im bayerischen agrarmeteorologischen Messnetz angewendet werden sollen (Abbildung 3-1).

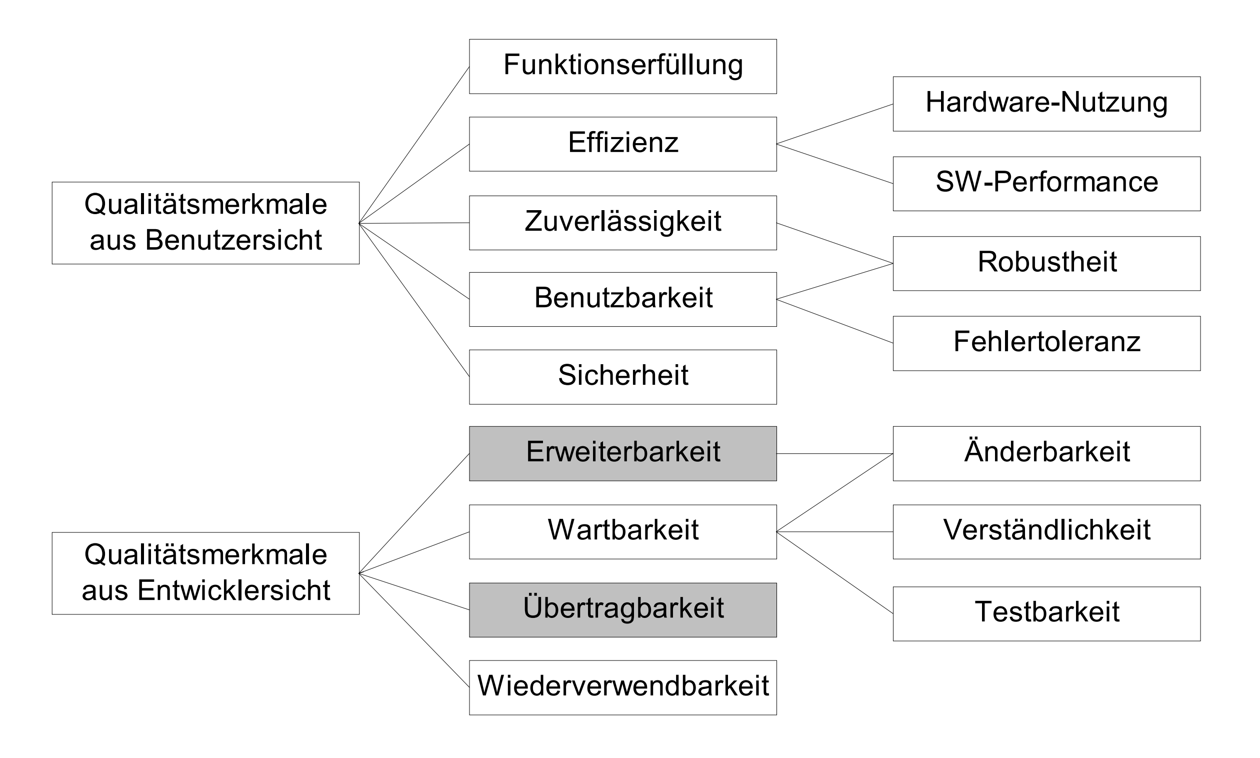


Abbildung 3-1: Software-Qualitätsmerkmale [4, 113]; hinterlegte Merkmale sind gleichzeitig Kriterien offener Systeme

Da das Ziel der vorliegenden Arbeit die Schaffung eines offenen Systems ist, muss außerdem die Einhaltung der Kriterien offener Systeme, Interopabilität, Portierbarkeit, Einhaltung oder Schaffung von Standards und Skalierbarkeit überprüft werden. Zwei dieser Kriterien sind gleichzeitig allgemeine Softwarequalitätskriterien (Skalierbarkeit = Erweiterbarkeit und Portierbarkeit = Übertragbarkeit). Damit müssen insgesamt 11 Kriterien untersucht werden:

- Funktionserfüllung,
- Effizienz,
- Zuverlässigkeit,
- Benutzbarkeit,
- Sicherheit
- Interoperabilität,
- Erweiterbarkeit,
- Wartbarkeit,
- Übertragbarkeit,
- Wiederverwendbarkeit
- Standards.

Die Erfüllung dieser Merkmale durch die Neuentwicklung soll wenn möglich quantitativ und in jedem Fall qualitativ beurteilt werden. Für die quantitativen Aussagen sind relevante Testszenarien aufzustellen und statistisch abgesicherte Tests durchzuführen.

4 Ausgewählte Mittel und Verfahren für die Entwicklung des offenen Datenmanagementsystems

Eine Grundvoraussetzung zur Schaffung qualitativ hochwertiger Produkte ist eine wissenschaftliche Herangehensweise bei der Entwicklung und Wartung. Ein geeignetes Hilfsmittel zur Realisierung der Zielstellung ist die Schaffung und Anwendung eines durchgängigen Datenmodells als Grundlage für eine modulare, flexible Lösung. Werkzeuge zur Umsetzung dieses Modells liefert die moderne Software-Technik. Die in der vorliegenden Arbeit eingesetzten Mittel und Verfahren sowie die konkrete Infrastruktur für die zukünftige Lösung werden im folgenden Kapitel vorgestellt. Die Auswahl der Methoden sowie mögliche Alternativen werden zum Teil schon an dieser Stelle diskutiert.

Da von den Betreibern eine Kontinuität in der Entwicklung gewünscht und gefordert ist, also von der Betreuung des DV-Projektes während des gesamten Lebenszyklus ausgegangen werden kann, wurde für die Planung der Systementwicklung das prototypingorientierte Life-Cycle-Modell (Abbildung 4-1) ausgewählt.

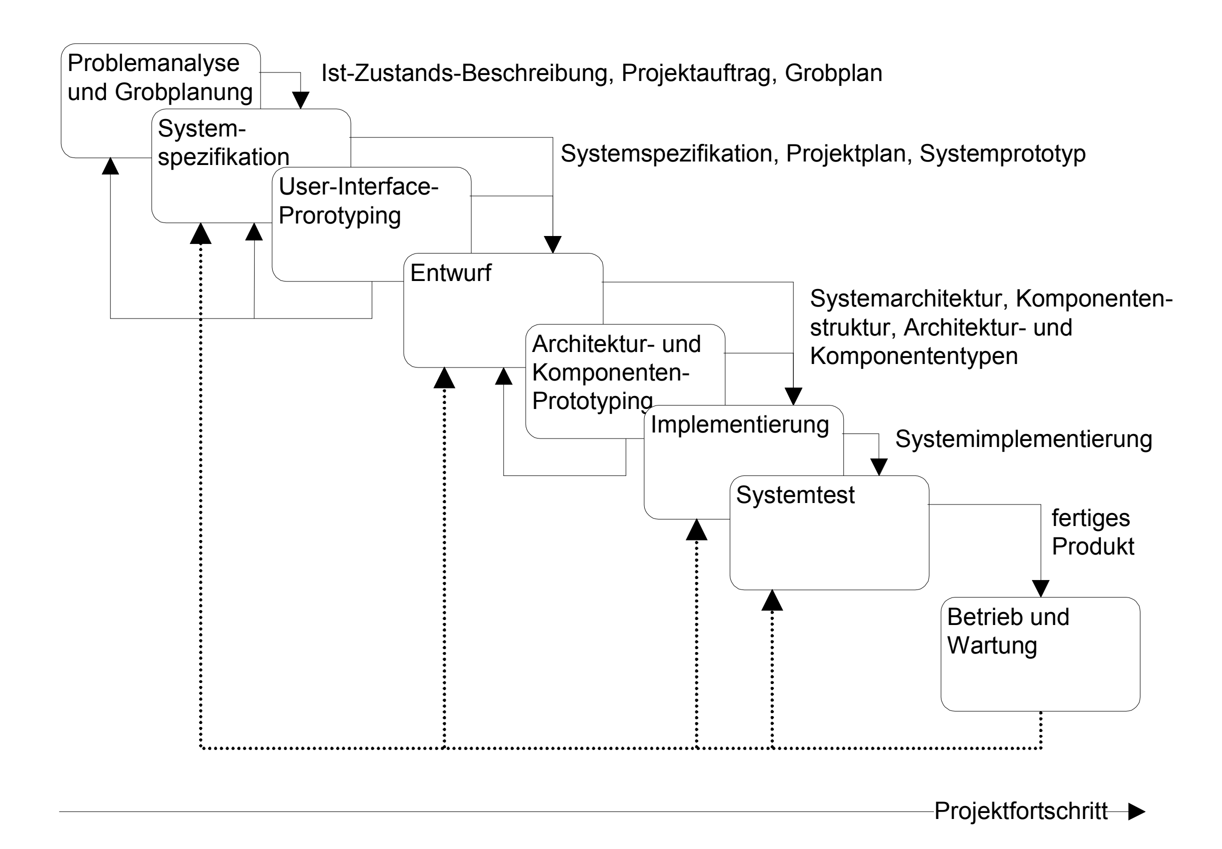


Abbildung 4-1: Prototypingorientierter Software-Life-Cycle (nach [106])

Das bedeutet, schon relativ früh mit der Implementierung der ersten Prototypen mit eingeschränktem Funktionsumfang zu beginnen und anhand des Zielsystems mögliche Fehler aufzudecken. Damit verbunden ist eine inkrementelle Implementierung, die quasi eine Verschmelzung von Entwurfs- und Implementierungsphase erlaubt, wobei nicht eine Implementierung losgelöst vom Fach- und DV-Konzept gemeint ist. Vielmehr kann die detaillierte Planung nach jedem architekturrelevanten Entwurfsschritt durch parallele Testimplementierungen anhand der realen Systemarchitektur bestätigt werden. Es findet somit inkrementell ein konkretisierender, explorativer Entwurf mit anschließender explorativer Implementierung statt.

Zur Entscheidung, an welchen Komponenten Veränderungen vorgenommen werden müssen, war es notwendig, das Gesamtsystem in seine Teilaspekte zu zerlegen und die Schwachstellen des Systems zu finden. Die Schwachstellen an der informationstechnischen Basis sollen eliminiert und so weit möglich durch Standardlösungen oder durch wissenschaftlich entwickelte, offene Systemlösungen ersetzt werden. Die Systementwicklung umfasst daher die Schaffung von nicht als Standardkomponenten verfügbarer Anwendungssoftware und die Auswahl der Standard- Hard- und Software sowie die Schaffung eventuell notwendiger Hard- und Software-Adapter unter Berücksichtigung der Vorgaben der Auftraggeber.

4.1 Applikations-Software

Für den Erstellungsprozess der Software für das Datenmanagementsystem wurden sowohl strukturierte als auch objektorientierte Methoden eingesetzt. Nach der Festlegung der Strategie zur Verwirklichung des Projektes folgte die Analyse und Definition der Aufgaben und Anforderungen. Schwerpunkt der Entwicklung war die Entwurfsphase, in der festgelegt wurde, **was** das Softwaresystem zu leisten hat. Erst danach erfolgte die Implementierung durch die eigentliche „Programmierung“, also der Erstellung von Programmzeilen. Schon während Entwurf und Implementierung wurden schrittweise Tests durchgeführt. Implementierung und Test wurden in mehreren Zyklen durchlaufen. Die Abnahme und Einführungsphase des Softwaresystems erfolgte unter Berücksichtigung der definierten Qualitätsmerkmale.

4.1.1 Planung

Das Ziel des Projektmanagements ist ein ausgewogenes Verhältnis zwischen Kosten, Zeit und Qualität bei der Entwicklung und dem Einsatz von Software. In Tabelle 4-1 sind die zu berücksichtigenden Faktoren dargestellt.

Tabelle 4-1: Kriterien der Softwareentwicklung (nach RAASCH [113])

Kosten	**Qualität**		**Zeit**
Entwicklung Einführung Einsatz Wartung	Benutzersicht	Entwicklersicht	Entwicklung Einführung Lebensdauer
	Funktionserfüllung Effizienz Zuverlässigkeit Benutzbarkeit Sicherheit	Erweiterbarkeit Wartbarkeit Übertragbarkeit Wiederverwendbarkeit	

Die konkrete Planung beruht auf der Anwendung des Prototypingmodells, das einen schnellen Abgleich zwischen Anforderungen und Realisierungsmöglichkeiten erlaubt. Als Orientierung und Planungshilfe wurde ein Pflichtenheft erstellt, um Ziel, Einsatzbereich, Umgebung, Funktionen, Daten, Leistungen, Bedienoberfläche, Qualitäts-Ziele, Testszenarien und Entwicklungsumgebung für das Software-Produkt eindeutig zu erfassen und überprüfen zu können. Um diese Strategie auf den gesamten Lebenszyklus der Software zu erweitern, bei dem auch Betrieb und Wartung einbezogen werden, wurde das prototypingorientierte Life-Cycle-Modell eingesetzt [106]. Dieses Vorgehensmodell ist für Projekte, an denen wenige Entwickler an einer relativ komplexen Aufgabe arbeiten und auch die Betreuung des späteren Produktionsbetriebes der Software realisieren, besonders geeignet. Die konsequente Dokumentation der Entwicklung sowie der Tests und Überprüfungen in allen Phasen erleichtern die Sicherung der Qualität erheblich.

4.1.2 Analyse, Definition und Entwurf

Eine wichtige Rolle bei dem effektiven Softwareentwurf spielte die analytische Vorbereitung der Implementierung. Alle Anforderungen an das System wurden genau spezifiziert und daraus die Aufgaben des Systems abgeleitet. Komplexe Zusammenhänge wurden erfasst, beschrieben und in überschaubare Teilprobleme zerlegt, bevor sie in Programmcode umgesetzt wurden. Ziel war die Schaffung einer Modularität und die Abstraktion der Probleme. Die geeignete Grobstruktur für das Datenmodell lieferten das ANSI/SPARC 3-Ebenen-

Modell und für die Beschreibung der Vorgänge und Abläufe das ARIS-Modell. Der Schwerpunkt lag in der Umsetzung der konzeptionellen Ebene sowie in der Modellierung der Organisations-, Daten-, Steuer- und Funktionssicht.

4.1.2.1 Standardisierte Beschreibungs- und Entwicklungshilfen

Eine Grundvoraussetzung für die Schaffung eines offenen Systems ist die Nachvollziehbarkeit und Transparenz der Softwarestrukturen. Da eine verbale Beschreibung in diesem Bereich meist nicht die komplexe Struktur des Softwaresystems eindeutig wiedergeben kann, werden überwiegend grafische Hilfsmittel eingesetzt (Basiskonzepte). Die Basiskonzepte für strukturierte und objektorientierte Entwicklung unterscheiden sich wenig, daher können sie im folgenden gemeinsam beschrieben werden. Die Phasen, in denen zur Abstraktion und Dokumentation Hilfsmittel unbedingt eingesetzt werden müssen, sind sowohl Definitionsphase und Entwurfsphase als auch die Implementierungsphase. Eine Übersicht über die einsetzbaren Basiskonzepte gibt Abbildung 4-2.

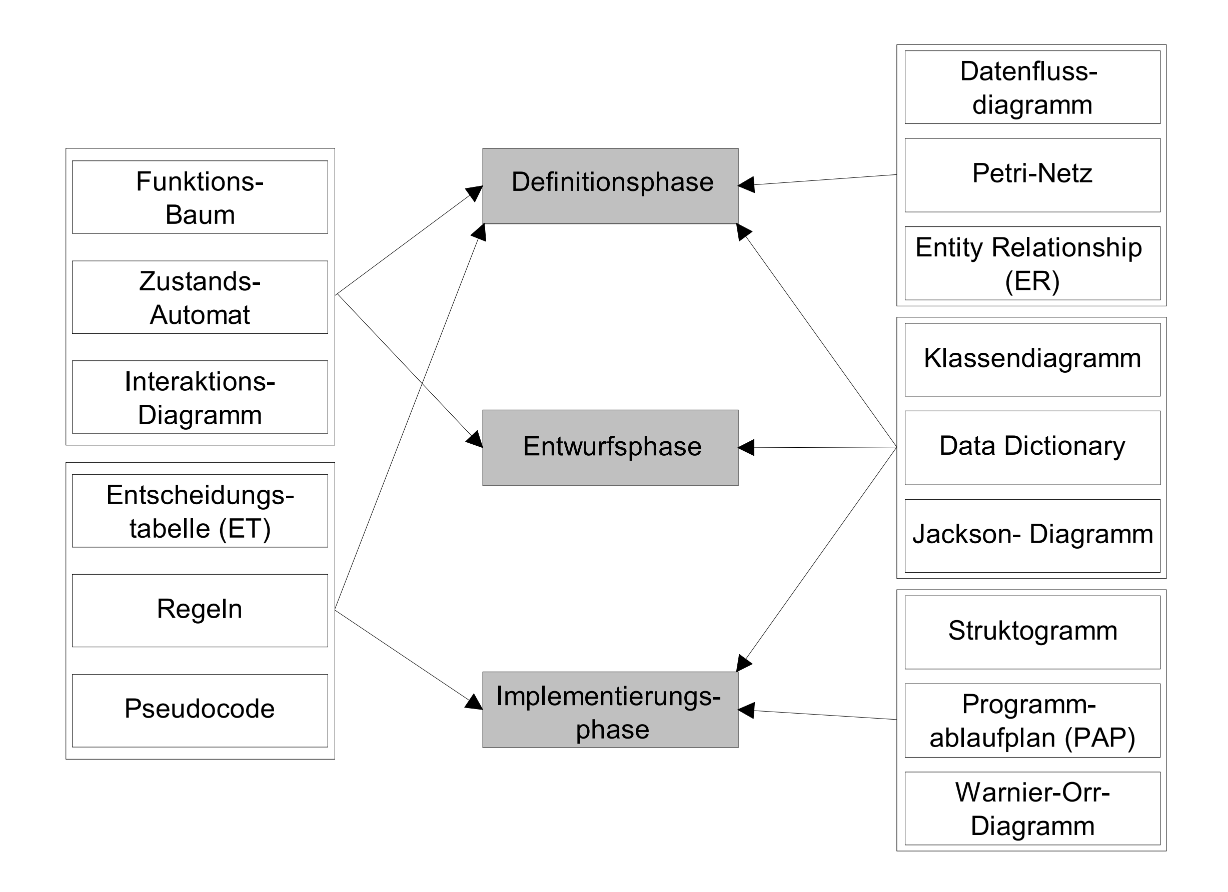


Abbildung 4-2: Einsatz der Basiskonzepte in verschiedenen Phasen der Softwareentwicklung (nach BALZERT [4])

Der Einsatz der Basiskonzepte dient der strukturierten Analyse (SA), der Real-Time-Analyse (RT), der semantischen Modellierung der Datenstruktur (SM) und dem strukturierten Design (SD) oder dem objektorientierten Design (OOD) [113].

Die Beschreibung von gesteuerten aufeinanderfolgenden Ereignissen und der dabei genutzten Ressourcen kann durch **Vorgangsketten** erfolgen. Daraus abgeleitete Diagramme werden für die Beschreibung von **ereignisgesteuerten Prozessketten** mit oder ohne Berücksichtigung des Datenflusses eingesetzt. Ein Beispiel einer einfachen Prozesskette zur Auflistung der verwendeten Darstellungselemente zeigt Abbildung 4-3.

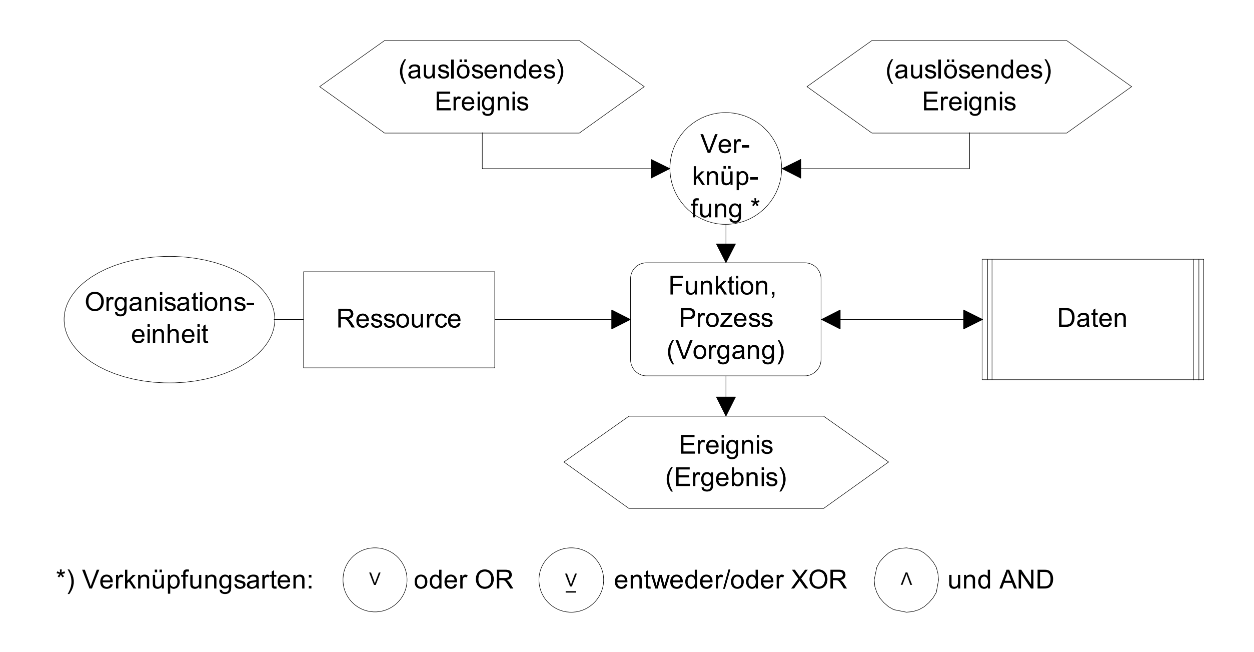


Abbildung 4-3: Beispiel eines Vorgangsketten- und eines ereignisgesteuerten Prozessketten-diagramms zur Auflistung der verwendbaren Elemente

Datenstrukturen werden aussagekräftig mit Entity-Relationship-Diagrammen und Data Dictionary modelliert. Diese Modelle erlauben die grobe Abstraktion mit immer tiefer werdender Verfeinerung als Voraussetzung für die Umsetzung in die Datendefinitionssprache (DDL) des Datenbanksystems. Vom Entity-Relationship-Diagramm (auch bezeichnet als ER-Diagramm, ER-Modell, ERM) gibt es verschiedene Variationen. In dieser Arbeit soll die ursprüngliche Notation nach CHEN [18] verwendet werden. Abbildung 4-4 zeigt die verschiedenen Elemente und Beziehungen der Daten, die durch die Diagramme dargestellt werden. Entities verkörpern dabei das Abbild der (in der „Miniwelt“ betrachteten) Dinge der realen Welt, Relationships die Beziehungen zwischen den Entities. Als Attribute werden die (betrachteten) Eigenschaften der Entities bezeichnet, sie können mehrwertig sein (z.B. kann

die Entity „Angestellter" mehrere Attribute „Telefonnummer" haben) und als Schlüsselattribute (unterstrichene Bezeichnung) verwendet werden (z.B. eindeutiges Attibut „Personalnummer" des Angestellten). Auch mehrere Attribute können zu Schlüsseln verbunden werden. Die Beziehungen (Relationships) zwischen den Entities können eins zu eins, eins zu mehreren oder mehrere zu mehreren sein. So kann z.B. die Entity „Ehefrau" mit der Entity „Ehemann" die Relationship „ist verheiratet" gleichzeitig nur einmal eingehen. Dagegen kann in einer Bibliothek die Entity „Buch" durch die Relation „Anschaffung" in mehreren Entities „Exemplar" vorhanden sein. Weiterhin können Entities generalisiert oder spezialisiert werden, was durch eine „is a" Relationen gekennzeichnet wird. In einem Institut kann sowohl die spezielle Entity „Professor", „wissenschaftlicher Mitarbeiter" oder „Techniker" generalisiert eine Entity „Angestellter" sein. In der generalisierten Entity werden die gemeinsamen Attribute zusammengefasst, in den speziellen Entities werden unterschiedliche Attribute spezifiziert. Klassen von Entities, also die Menge aller gleichen Entities, werden als Entity-Set oder –Typ bezeichnet und in Großbuchstaben dargestellt.

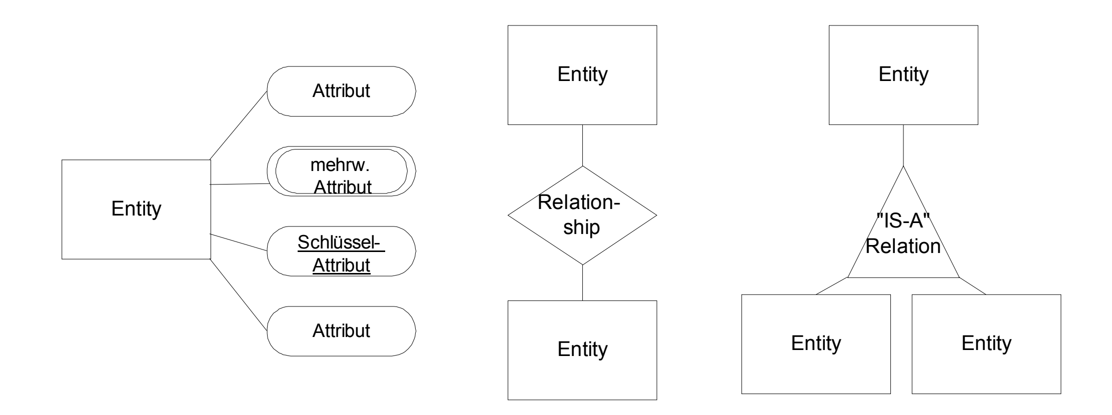


Abbildung 4-4: Entity-Relationship Diagramm, Beispiel zur Erläuterung der Elemente v.l.n.r.: Entity mit verschiedenen Attributen, 1:1 Beziehung, Is-A-Beziehung

Für die verfeinerte Darstellung der Zusammensetzung von Entities und Attributen werden Datenverzeichnisse, auch als **Data Dictionary** (DD) bezeichnet, eingesetzt. Die hier verwendete gebräuchliche Notation ist die BACKUS-NAUR-FORM. In Tabelle 4-2 sind die Elemente zur Beschreibung aufgelistet.

Tabelle 4-2: Notation zur Beschreibung von Data Dictionary Einträgen [4]

Symbol	Bedeutung	Beispiel
=	Ist äquivalent zu	A=B+C
+	Sequenz (impliziert keine Ordnung)	X=X1+X2+X3
[ ]	Auswahl (entweder ... oder)	A=[B|C]
{ }	Wiederholung	A={B}
M{ }N	Wiederholung von M bis N	A=1{B}10
( )	Option =0{}1	A=B+(C)
„ „	Diskreter Wert	A="wahr"
* *	Kommentar	A=X+Y *Kommentar*

Die Darstellung und Modellierung des Datenflusses erfolgte durch **Datenflussdiagramme** (DFD) nach DE MARKO. In ihnen entsprechen Informationsquellen oder -senken Schnittstellen bzw. Terminatoren und werden als Rechtecke dargestellt. Speicher (flüchtiger Speicher, Dateien oder Datenbanken) werden durch parallele Linien gezeichnet und Prozesse (Funktionen) durch Kreise abgebildet (Abbildung 4-5). Für jeden Prozess kann zur Verfeinerung des Modells eine Prozessspezifikation (PSPEC, MiniSpec) in Form von Pseudocode, Entscheidungstabellen oder -bäumen ausgearbeitet werden. Ein Datenfluss ist nur zwischen Funktionen und Schnittstelle oder Speicher bzw. zwischen Funktionen selbst erlaubt. Tauschen Speicher oder Schnittstellen Informationen aus, muss es also immer eine Funktion geben, die den Informationsaustausch realisiert.

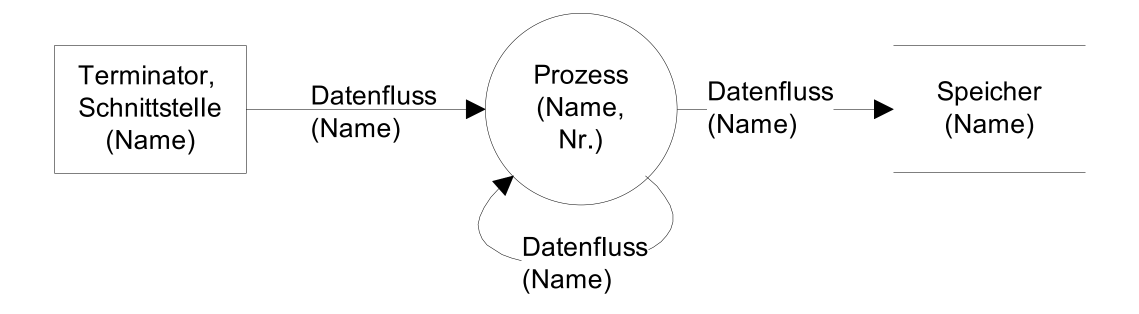


Abbildung 4-5: Datenflussdiagramm nach DE MARCO [4], Beispiel zur Darstellung der Elemente

Auslösende Momente für einen Datenfluss sind datengetriebene oder zeitgetriebene (Kalender-gesteuerte) Prozesse. Für die Berücksichtigung von Ereignissen wurden die betreffenden Datenflussdiagramme um Kontrollflüsse erweitert (Real Time Erweiterung). Sie werden ebenso wie Datenflüsse durch benannte Pfeile dargestellt, jedoch werden zur Unterscheidung gestrichelte Linien verwendet. Kontrollflüsse können nicht direkt auf Speicher wirken. Sie können jedoch an vertikalen Balken enden, hinter denen sich eine Kontrollspezifikation verbirgt. Diese kann durch eine Entscheidungstabelle (Decision Table DT), ein Zustandsdiagramm (State Transition Diagramm STD) oder eine Prozessaktivierungstabelle (Process Activation Table PAT) verfeinert werden. So erweiterte Datenflussdiagramme werden als Flussdiagramme bezeichnet.

Für Implementierung einzelner Module, Prozesse, Methoden oder Funktionen wurden **Programmablaufpläne** (PAP) als Hilfsmittel verwendet. PAP sind auch für die Darstellung und Modellierung allgemeiner Abläufe geeignet. Die Elemente des PAP zeigt Abbildung 4-6.

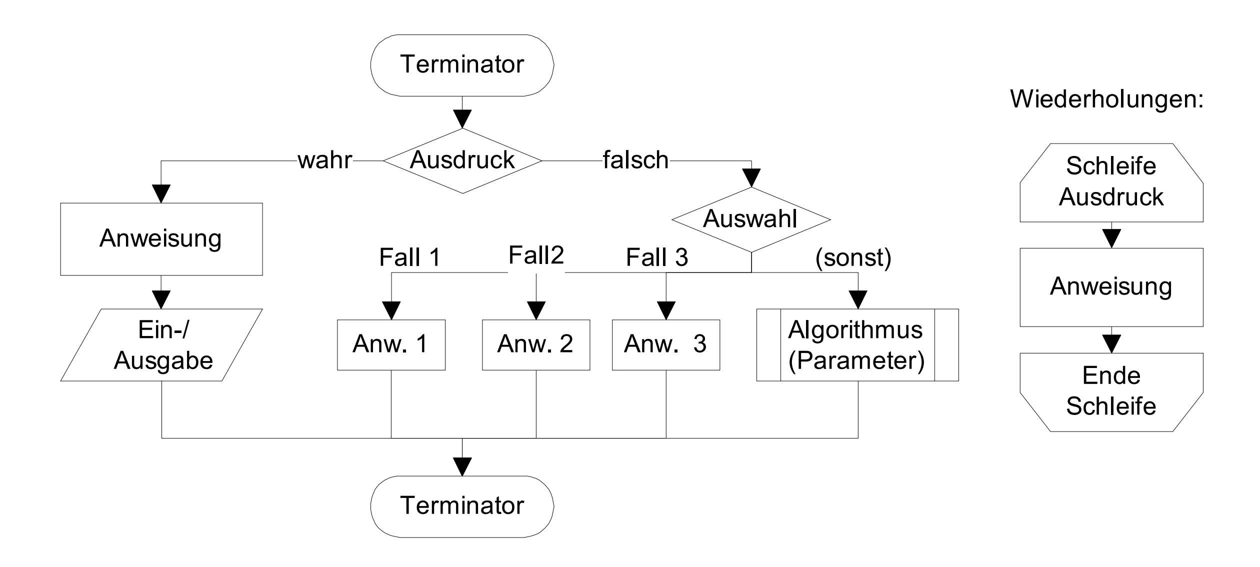


Abbildung 4-6: Programmablaufplan (PAP [4]). Beispiel zur Darstellung der Elemente

Systemzustände wurden durch **Zustandsdiagramme** oder Zustandsautomaten (endliche Automaten) modelliert. Ein Zustand repräsentiert eine Zeitperiode, in der das System ein beobachtbares Verhalten zeigt. Ein Ereignis in der Umgebung oder eine Aktion versetzt das System in einen anderen Zustand. Im Zustandsdiagramm werden die Zustände durch Rechtecke mit aussagekräftigen Namen dargestellt. Pfeile kennzeichnen die Übergänge zwischen Zuständen und werden mit dem auslösenden Ereignis und der folgenden Reaktion (Ereignis/Aktion) beschriftet (Abbildung 4-7).

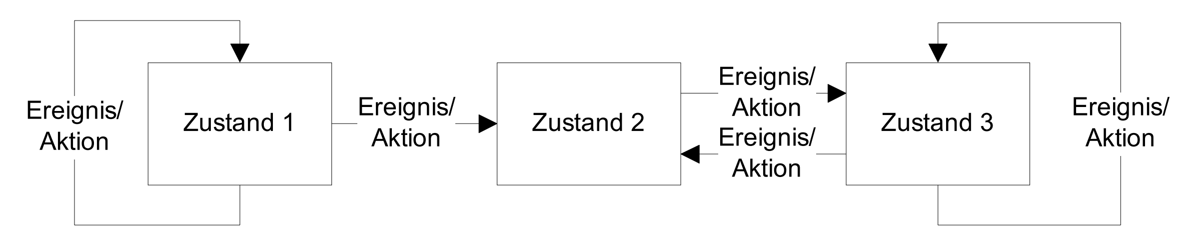


Abbildung 4-7: Zustandsdiagramm, Beispiel zur Darstellung der Elemente [113]

4.1.2.2 Strukturierte Analyse/ Real Time Analysis

Für die Wahl des Analyseverfahrens wurde die Applikation zuerst auf Ihren Schwerpunkt hin untersucht. Für die Witterungsdatenerfassung sind das Steuerung, Stationsdatenabfrage und Datenablage, für die Datenbereitstellung Datenauswahl und Präsentation (Benutzerschnittstelle). Besondere Bedeutung haben die Schnittstellen zwischen den Komponenten. Da die gesamte Steuerung der Benutzerschnittstelle der Standardsoftware überlassen werden konnte, ist für sie nur die Benutzersicht (das Aussehen), nicht aber das grafische Ein- Ausgabe-Umfeld (Fenstersystem, Ereignissteuerung) zu modellieren. Somit liegt der Schwerpunkt der Anwendung in der Datenmodellierung und der Funktionsmodellierung.

Die strukturierte Analyse (SA) stellt Mechanismen zur datengetriebenen und kalendergesteuerten Auslösung von Prozessen (Funktionen) zur Verfügung. Damit ist die SA für die Modellierung der Reaktion auf externe oder zeitliche Ereignisse geeignet, jedoch fehlt dabei eine Betrachtung des systeminternen Verhaltens der Applikation. Dieses ist zwar nicht als kritisch zu betrachten, doch beeinflusst das sogenannte Echtzeitverhalten bestimmte Abläufe zur Einhaltung der Übertragungsprotokolle und die Fähigkeit der Parallelverarbeitung. Eine sofortige Aktivierung und Auslösung eines Prozesses auf Grund intern erkannter Bedingungen kann durch eine Real Time Erweiterung modelliert werden. Daher wurde in der vorliegenden Arbeit die Real Time Analysis zur Schaffung der Modellgrundlage herangezogen, denn sie schließt strukturierte Analyse ein und erweitert dieses Modell um die Betrachtungen zu Systemzustand und dynamischem Verhalten. Abbildung 4-8 zeigt, welche Basiskonzepte zur Modellierung herangezogen werden konnten.

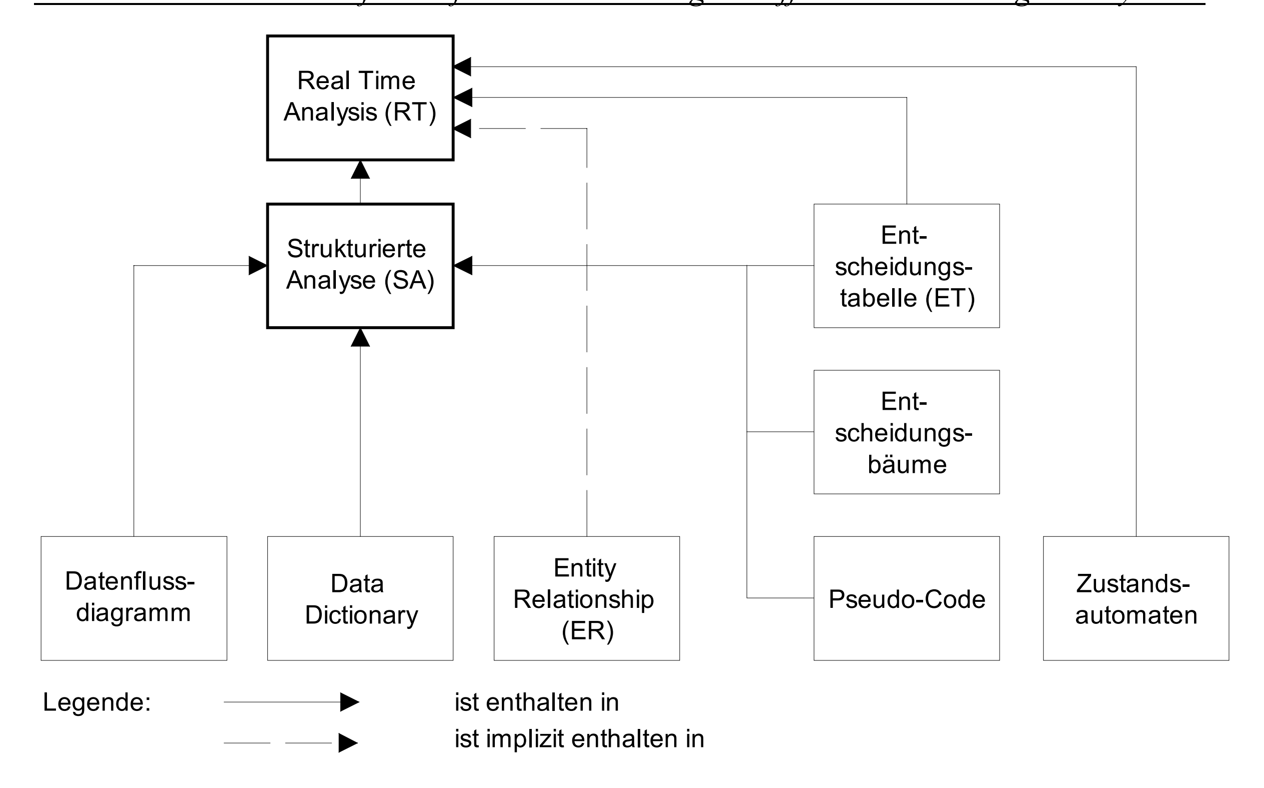


Abbildung 4-8: Einsatz der Basiskonzepte in Strukturierter Analyse (SA) und Real-Time-Analysis (RT) nach BALZERT [4]

4.1.3 Programmiersprachen und -Systeme

Die Implementierung der Applikation erfolgte durch die Umsetzung der Daten-, Steuerungs- und Funktions-Modelle in Programmcode. Aus dem Grundlagenwissen und der Zielstellung ergab sich der Rahmen für die Auswahl der Programmiersprachen. Die Kriterien eines offenen Systems mussten unbedingt mit den gewählten Programmiersprachen einzuhalten sein. Es gibt keine Programmiersprache, die optimal allen Einsatzbereichen gerecht wird. Für jeden der relevanten Bereiche in einem Datenmanagementsystem zur Messdatenerfassung und -bereitstellung:

- Benutzerschnittstelle,
- Datenbankschnittstelle,
- Geräteschnittstelle und
- Steuerung

gibt es optimale und weniger geeignete Programmiersprachen. Das Vorhandensein von Schnittstellen zwischen Programmiersprachen und deren Anwendbarkeit in einem offenen

System, erlauben die Nutzung mehrerer Programmiersprachen in einem Projekt.

Für die Benutzerschnittstelle wurde die weite Verbreitung von Internet-Browsern (Netscape Navigator und Communicator, Microsoft Internet Explorer) und die Dialogfähigkeit der Beschreibungssprache für die durch sie dargestellten Hypertext-Elemente ausgenutzt. Sie erlauben die Nutzung der Hypertext-Beschreibungssprache **HTML** zur Gestaltung der Dialoge. Die Nutzung von HTML bietet gleichzeitig den Vorteil, dass Entwicklungswerkzeuge verfügbar sind, die keine Programmierkenntnisse erfordern. Damit ist eine Anpassung der Dialogschnittstelle durch den Betreiber oder andere fachliche Stellen möglich. Ein eigentliches Programm zur Realisierung der Benutzerschnittstelle ist nicht mehr nötig, da die Steuerung des Dialoges durch den (zur Standardsoftware gehörenden) Browser realisiert wurde.

Als Abfrage-Schnittstelle für relative Datenbanken wurde die standardisierte Abfragesprache (ANSI-) SQL eingesetzt. Mit SQL konnte zum einen die Abfrage von Daten verwirklicht, aber auch das Beschicken und Verändern der Datenbank realisiert werden (Datenmanipulationssprache, DML). Des weiteren sind in SQL Funktionen zum Erstellen der Datenbank und deren Verwaltung und Pflege implementiert (Datendefinitionssprache, DDL). Da SQL selbst noch kein Werkzeug zum Erstellen von Programmen ist, mussten die SQL-Befehle in ein ablaufsteuerndes System mit Schnittstellen zum Benutzer und zum Prozess eingebettet werden. Im Fall des Witterungsdaten-Managementsystems waren zwei Schnittstellen zur Datenbank nötig: die zum Laden der Datenbank mit den Wetterstationsdaten und die zum benutzerfreundlichen Abruf mit der oben erläuterten Schnittstelle Internetbrowser.

Als Schnittstelle zur Wetterstation war die nur teilweise standardisierte Verbindung zwischen Station und Datenbank zu realisieren. Neben der Datenbankanbindung stellt die Bedienung der seriellen Schnittstelle (RS232C) und die Ablaufsteuerung die Hauptaufgabe des Systems dar. Eine Ablaufsteuerung kann mit einer Reihe strukturierter Programmiersprachen, aber auch von objektorientierten Programmiersprachen realisiert werden. Von beiden gibt es als Industrie-Standard bevorzugte Systeme, wobei C (strukturiert) und die Erweiterung C++ (objektorientiert) am weitesten verbreitet sind. Ein weiteres Kriterium zur Auswahl der Sprache stellte das finanzierbare Hard- und Softwareumfeld dar. Da die Entscheidung in der ersten Ausbaustufe für das Betriebssystem OS/2 auf einem PC fiel (siehe Kap.

4.3), eine Portierung auf möglichst viele unterschiedliche Systeme möglich sein sollte, wurde C ausgewählt. Eine Objektorientierung war nicht zwingend nötig; aus den bereits gewonnenen Erkenntnissen sprechen jedoch viele Argumente für die Nutzung einer objektorientierten Programmiersprache. Um diese Argumente zu berücksichtigen, wurde der Kompromiss geschlossen, mit den strukturierten Methoden der Programmiersprache C und einer höchst konsequenten Modularisierung eine Lösung zu schaffen, die möglichst nahe an das objektorientierte Paradigma heranreicht. Wenn die Struktur des Programms in Objekte aufgeteilt werden kann, wird eine spätere Portierung in eine objektorientierte Programmiersprache erleichtert. Dazu sind insbesondere die Methoden zum Zugriff auf die Daten gemeinsam mit den Daten an sich als Einheit zu betrachten.

Als C-Compiler wurde die IBM-Entwicklungsumgebung C-Set C/C++ (Version 2) mit Developers Work Frame Version 1.1 unter IBM OS/2 Version 2.11 verwendet.

Das Teilprojekt zur Datenbereitstellung im Internet wurde zum größten Teil in Java realisiert. Alle zur Programmierung notwendigen Elemente wie Compiler, Interpreter, Debugger und die Klassenbibliotheken für die Erweiterungen sowie viele weitere Werkzeuge wurden aus dem Internet als Public Domain Software (also kostenfrei verfügbar; z.B. http://www.javasoft.com/) bezogen. Zum Einsatz kam die Java Version 1.1, wobei konkret das Java Development Kit (JDK) in Version 1.1.6 bis 1.1.8 verwendet wurde. Zur Datenbankanbindung wurde Java Database Connectivity (JDBC) Version 1.22 genutzt. Als Grafische Unterstützung der Entwicklungsumgebung wurde Kawa Version 3.0 und 3.5 (http://www.tek-tools.com/kawa/) unter Microsoft Windows NT Version 4.0 eingesetzt. Die erzeugten Programme (Klassen) wurden unter den Betriebssystemen Windows 95, Windows NT und IBM AIX (Version 4.3) auf unterschiedlicher Hardware (IBM-kompatible PC - Intel Pentium, und IBM RISC - Motorola PowerPC) getestet und genutzt.

4.2 Datenbank

Da ein modernes relationales Datenbankmanagementsystem (RDBMS) alle oben geforderten Eigenschaften bezüglich offener, standardisierter Schnittstellen (SQL), Skalierbarkeit (Client- Server-Architektur) und Vernetzung besitzt, kann für die vorliegende Arbeit ein RDBMS eingesetzt werden. Zur Modellierung und Dokumentation der fachspezifischen Anforderungen (externe Schemata, konzeptioneller, logischer und physikalischer Entwurf)

sollten Hilfsmittel eingesetzt werden, die eine eindeutige Überleitung der Problemstellung in das Datenbankschema ermöglichen. Bei verschiedenen Datenbanksystemen sind Werkzeuge zur grafischen Modellierung enthalten, ebenso gibt es Daten-Design-Systeme die Datenbank-unabhängig sind. Solche Systeme werden jedoch auf Grund der hohen Kosten nur bei komplexe Datenbankanwendungen eingesetzt, insbesondere wenn ein Großteil der Programmlogik durch das Datenmodell abgedeckt werden soll. Für das Datenmanagementsystem des agrarmeteorologischen Netzwerkes konnte eine durchgehende Modellierung der Daten durch Einsatz der Basistechnologien realisiert werden, da keine große Komplexität der Daten vorliegt. Der Grund für diese Modellierung war, ein offenes Softwareprodukt zu schaffen und eine effektive Arbeitsweise während allen Lebenszyklen des Softwareprojekts zu erreichen.

Implementierung

In der Implementierungs- und Testphase wurde als RDBMS Oracle Version 7.3 als Server auf einer Digital Alpha AXP Workstation unter Digital UNIX 4.0 und als Client auf Intel Pentium PCs unter Microsoft Windows 95 und NT 4.0 verwendet. Der Rahmen für die Implementierung des Produktionssystems wurde von Auftraggeber entsprechend der vorhandenen Infrastruktur festgelegt. Das Produktionssystem nutzt IBM DB2, Version 4.0 bis 6.1 auf einem IBM Großrechner (verschiedene Generationen, derzeit 390 unter OS/390) als Server, welches mittels IBM-DDCS (DB2 Connect) die Verbindung zu den Clients (IBM-kompatible PC) unter den Betriebssystemen IBM OS/2 und Microsoft Windows schafft.

4.3 Hardware und Standardsoftware

Die Datenfernübertragung von der Wetterstation zum Zentraldatenbank-System sollte mit Hilfe einer Direktverbindung auf der Basis von Standardmodems realisiert werden. „Standardmodem“ bedeutet Steuerbarkeit durch AT-Kommandos und Einsatz genormter Verfahren zur Datenkompression und -sicherung. Entsprechend dem Stand der Technik werden Geräte mit Fehlerkorrektur und Datenkompression nach V.42bis (CCITT) und NMP5 (Industriestandard) eingesetzt. Der PC des Betreibers als größte Schwachstelle musste aus dem Datenmanagementsystem eliminiert werden. Entsprechend der Vorgabe des Auftraggebers sollte der Zugang zur Messstation für den PC des Stationsbetreuers jedoch für Kontrollzwecke weiterhin ohne zusätzliche Eingriffe in die Datenübertragung zwischen Messstation

und Zentraldatenbank möglich sein. Zu diesem Zweck muss ein spezieller Adapter, eine intelligente Weiche zwischen Station, Modem und PC eingesetzt werden, dessen Entwicklung parallel zur Vorliegenden Arbeit stattfand.

Das Datenbankmanagementsystem muss so ausgelegt werden, dass es aus Sicht des Kommunikationssystems eine virtuelle Schnittstelle besitzt, so dass weder Zielsystem noch genauer Typ des DBMS festgelegt sind. Dazu wurde ein IBM kompatibler PC (Intel Pentium) mit einem multitaskingfähigen Standardbetriebssystem (IBM OS/2) und herstellerspezifischer Datenbankanbindung (IBM-DB2 Preprozessor, IBM DB2-DDCS, VTAM, Token-Ring-Netzwerk), aber herstellerunabhängiger Applikations-Schnittstelle an diese Anbindung verwendet (embedded SQL in Programmiersprache C).

Die Datenbereitstellung wird über Intranet/Internet-Technologie realisiert (Ethernet, TCP/IP). Als Komponenten kommen ein Applikationsserver und ein Webserver zum Einsatz. Der Applikationsserver muss mit der Datenbank verbunden sein, ein offenes oder Industriestandard-Betriebssystem (UNIX, Windows NT) besitzen und eine offene Datenbankschnittstelle (ODBC oder JDBC) bereitstellen. Der Webserver muss die offene CGI-Schnittstelle unterstützen (http://hoohoo.ncsa.uiuc.edu/cgi/). In der Testumgebung kamen zwei Systeme zum Einsatz: der in Microsofts Betriebssystem Windows NT 4.0 integrierte Microsoft Internet Information Server als weit verbreitete geschlossene Lösung mit Unterstützung von Standard-Schnittstellen. Da dieses System sehr weite Verbreitung besitzt, wurde es, auch wenn es Besonderheiten aufweist, die es von der Welt der offenen Systeme abgrenzen, zum Vergleich herangezogen. Hardwareplattform für das System ist ein IBM-kompatibler PC (Intel-Pentium). Als zweites System kam der als Open Source verfügbare und alle Kriterien eines offenen Systems erfüllende Apache-Webserver (http://www.apache.org/), Version 1.2 auf einer Digital Alpha AXP Workstation 3000/600S unter Digital-UNIX Version 4.0 zum Einsatz.

5 Realisierung und Überprüfung des offenen Datenmanagementsystems

Nach der bereits beschriebenen Analyse des Vorzustandes und der Auswahl der Vorgehensmodelle zur Erstellung informationstechnischer Systeme, werden im Folgenden die Ergebnisse von Definition, Entwurf, Implementierung und Überprüfung der Qualität des verbesserten, offenen Datenmanagementsystems für agrarmeteorologische Messdaten dargestellt.

Zur genauen Systemdefinition kann ein allgemeingültiges Input-/Output-Modell [31] herangezogen werden. Es ermöglicht nicht nur die klassische Modellierung von Stoff- und Energieströmen, sondern kann darüber hinaus auch für Informationsströme herangezogen werden. Im Fall agrarmeteorologischer Informationen besteht der Input aus Wetterdaten, der Output soll eine Entscheidungshilfe für den Pflanzenbauer sein (Abbildung 5-1).

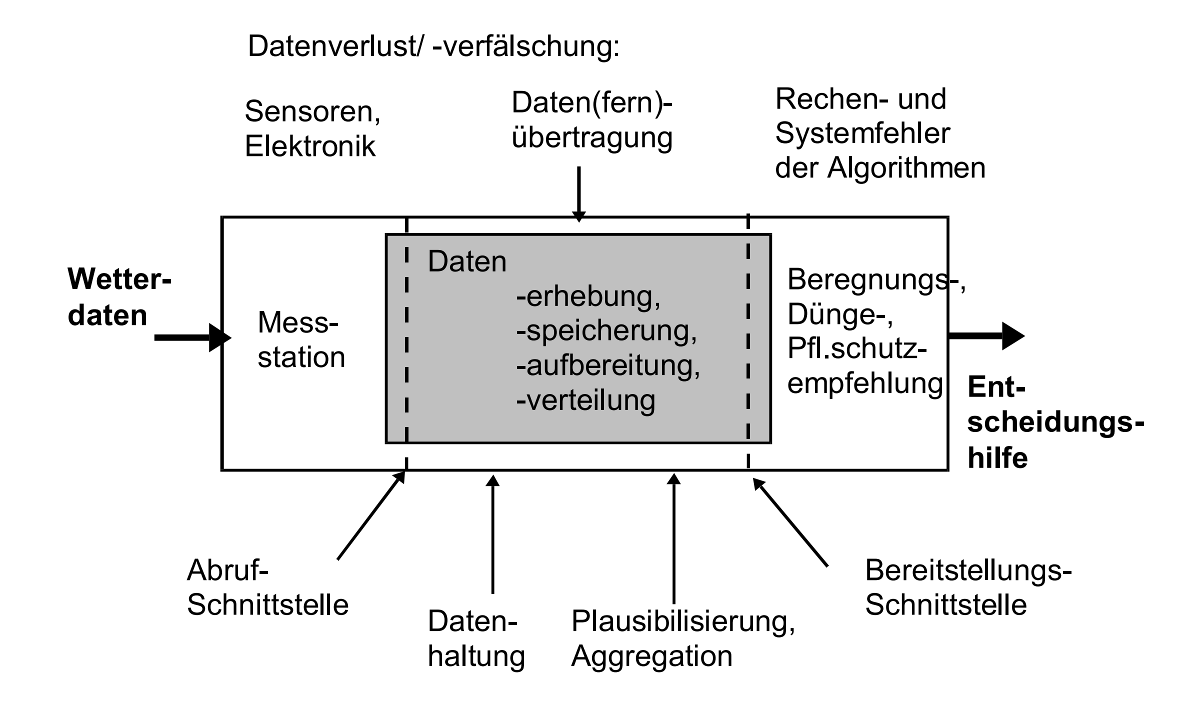


Abbildung 5-1: Input-/Output-Modell mit Schnittstellen

Die involvierten Komponenten sind Messstation, zentrale Datenverarbeitung und spezielle Anwendersoftware. In den Bereich der Datenverarbeitung fallen die Datenerhebung, die zum Teil in die automatische Wetterstation integriert ist, die Datenspeicherung in der zentralen Datenbank, die Datenaufbereitung (Prüfung, Aggregation) sowie die Datenbereitstellung für die Anwendungssysteme. Mit der Messstation als Datenlieferant und deren Optimierung haben sich bereits eine Reihe von Untersuchungen befasst. Kernkomponenten des Systems,

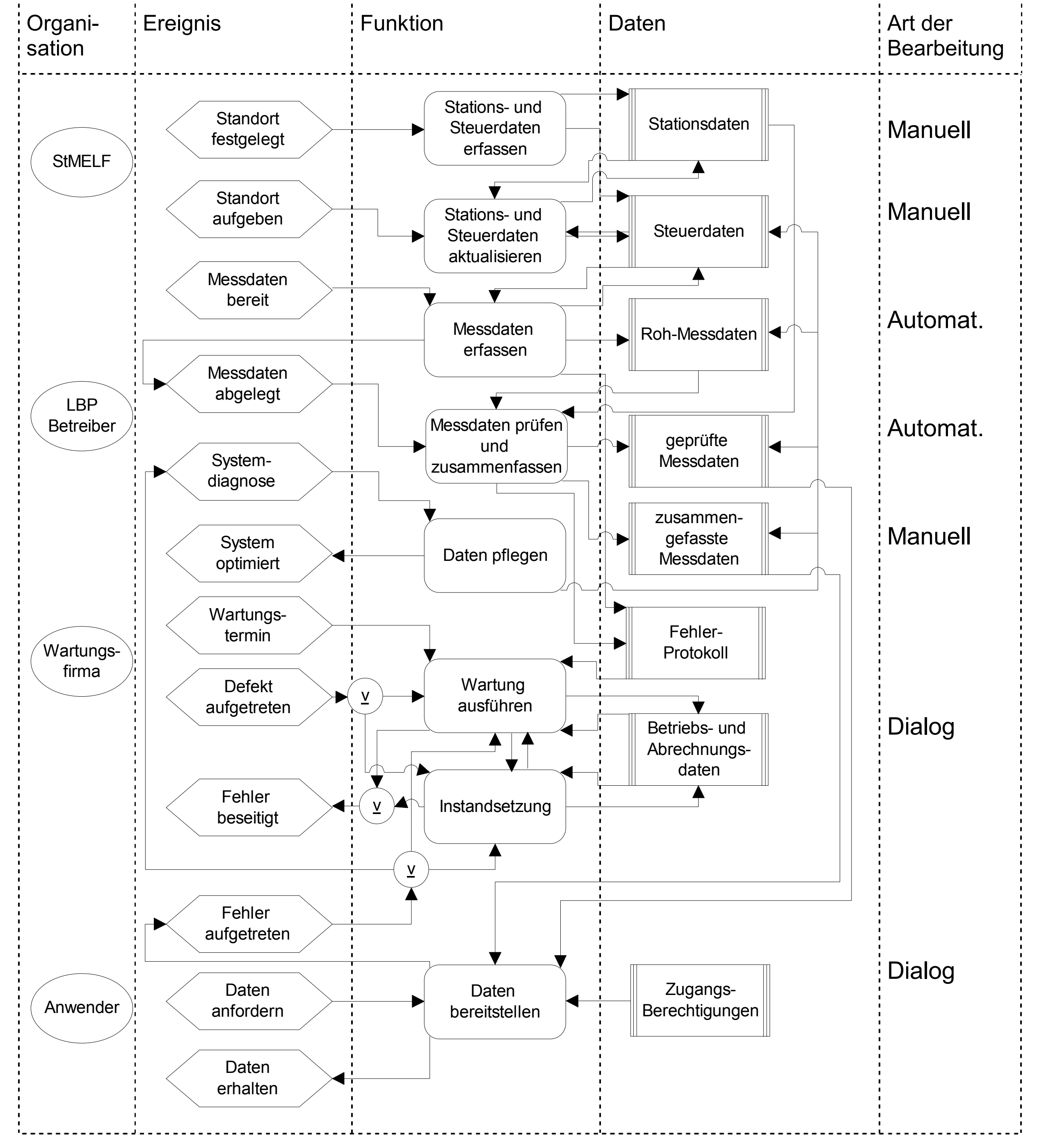
wie Hard- und Software und Datenbanken werden als standardisierte Systeme vorausgesetzt. Daher müssen die beiden Schnittstellen des speziellen Informationssystems (Erfassungsanlage – Datenhaltungssystem und Datenhaltungssystem – Anwender) Hauptgegenstand der Optimierung sein.

5.1 Definition des Informationsflusses und des Datenmodells

Dem im weiteren beschriebenen Fachkonzept kommt bei der Modellierung des offenen Datenmanagementsystems die Rolle des beständigen Kerns zu, da sich die fachlichen Abläufe nicht oder nur geringfügig ändern. Das DV-Konzept kann bei langer Laufzeit eher hinterfragt werden; eine spezielle Implementierung wird auf Grund des rasanten Entwicklungstempos der Informationstechnik nur wenige Jahre von Bestand sein. Das Fachkonzept darf aber nicht als starre Grundlage für das DV-Konzept angesehen werden, sondern muss klar die Strukturen und Beziehungen der betrachteten „Miniwelt“ wiedergeben. Das Fachkonzept bildet das Problem aus fachlicher Sicht in ein strukturiertes Modell ab, indem es als Reihe von Vorgangsketten betrachtet wird (semantische Modellierung). Erster Schritt ist die Zerlegung in Teilaspekte nach dem ARIS-Modell zur Bildung der verschiedenen Sichten auf die zu behandelnden Probleme.

Ausgangspunkt ist das Input-/ Output-Modell, das die Verarbeitung agrarmeteorologischer Daten zu Informationen beschreibt, die als Entscheidungshilfen im Agrarbereich dienen. Mit Hilfe eines vereinfachten abstrakten Prozessmodells, in dem die Vorgangsketten des gesamten Datenmanagementsystems für ein agrarmeteorologisches Messnetz zusammengestellt sind, kann die weitere Aufteilung auf die verschiedenen Sichten vorgenommen werden (Tabelle 5-1).

Tabelle 5-1: Vorgangsketten des Datenmanagementsystems



In dieser Gesamtbetrachtung sind die Vorgänge Datenerfassung, Datenbereitstellung, Fehlermanagement und Messnetzbetrieb gemeinsam dargestellt, um die Verknüpfungen (Steuerung) zwischen den Komponenten verdeutlichen zu können. Der Betrieb des Messnetzes, also die Organisation des Auf- und Abbaus von Stationen sowie die Dokumentation und Buchhaltung von Betrieb, Wartung und Instandsetzung der Messanlagen mit der Erfassung der zugehörigen Daten wird nicht über das vollautomatische Datenmanagementsystem

geführt. Daher konzentrieren sich die weiteren Zerlegungs- und Beschreibungsschritte auf die folgenden drei Komponenten:

- Messdatenerfassung,
- Messdatenaufbereitung,
- Bereitstellung der aufbereiteten Messdaten.

Die Messdatenerfassung beginnt aus der Sicht Datenmanagementsystems an der Datenschnittstelle des Datenloggers. Die Aufgabe dieser Komponente ist der zuverlässige Abruf aller verfügbaren und noch nicht in der zentralen Datenbank vorhandenen Messwerte des gesamten Netzwerkes. Als Randbedingungen sind Anwenderwünsche zu Aktualisierungsrate (Anzahl der täglichen Abrufe) und Aktualisierungszeitpunkt aber auch ökonomische Aspekte (Kosten der Datenfernübertragung auf Fremdnetzen) zu beachten. Als ereignisgesteuerte Prozesskette (EPK) unter Berücksichtigung des Datenflusses ergibt sich folgendes Bild (Abbildung 5-2).

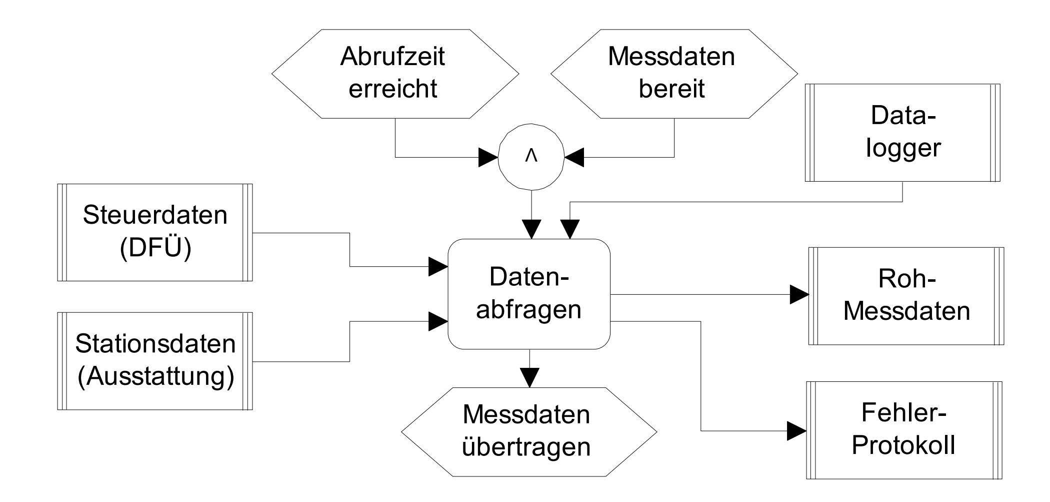


Abbildung 5-2: Messdatenabruf als ereignisgesteuerte Prozesskette mit Datenfluss

Schon an dieser Stelle kann vermerkt werden, dass es sich um einen komplexen Prozess handelt, der mindestens in einen DFÜ-Prozess und einen Datenbankladeprozess aufgeteilt werden muss. Da die dafür sprechenden Gründe jedoch informationstechnischen Ursprung haben, findet die weitere Zerlegung erst im DV-Konzept statt.

Sobald neue Messdaten in der zentralen Datenbank verfügbar sind, müssen sie auf formale Fehler, Konsistenz und klimatische Grenzwerte geprüft werden (Plausibilität). Als Kriterien

werden Ausstattung der Station und Sensoreigenschaften, klimatische und regionale Kenngrößen sowie grundsätzliche physikalische Einflüsse herangezogen. Nach der Prüfung werden die Datenreihen zeitlich zusammengefasst (aggregiert). Dabei fließen die zugrundeliegenden physikalischen Zusammenhänge zwischen den Messgrößen und ihrer zeitdiskreten Erfassung in den Messreihen in die Bildungsvorschriften ein. Abbildung 5-3 zeigt die Prozesskette der Datenprüfung. Dynamische Eingangsgrößen sind die aktuellen, von den Datenloggern abgerufenen Messdaten, Ausgang die geprüften 10-Minuten-Daten und davon abgeleitete Stunden- und Tagesdaten, denen berechnete statistische Zusatzdaten, wie Minima und Maxima, hinzugefügt werden.

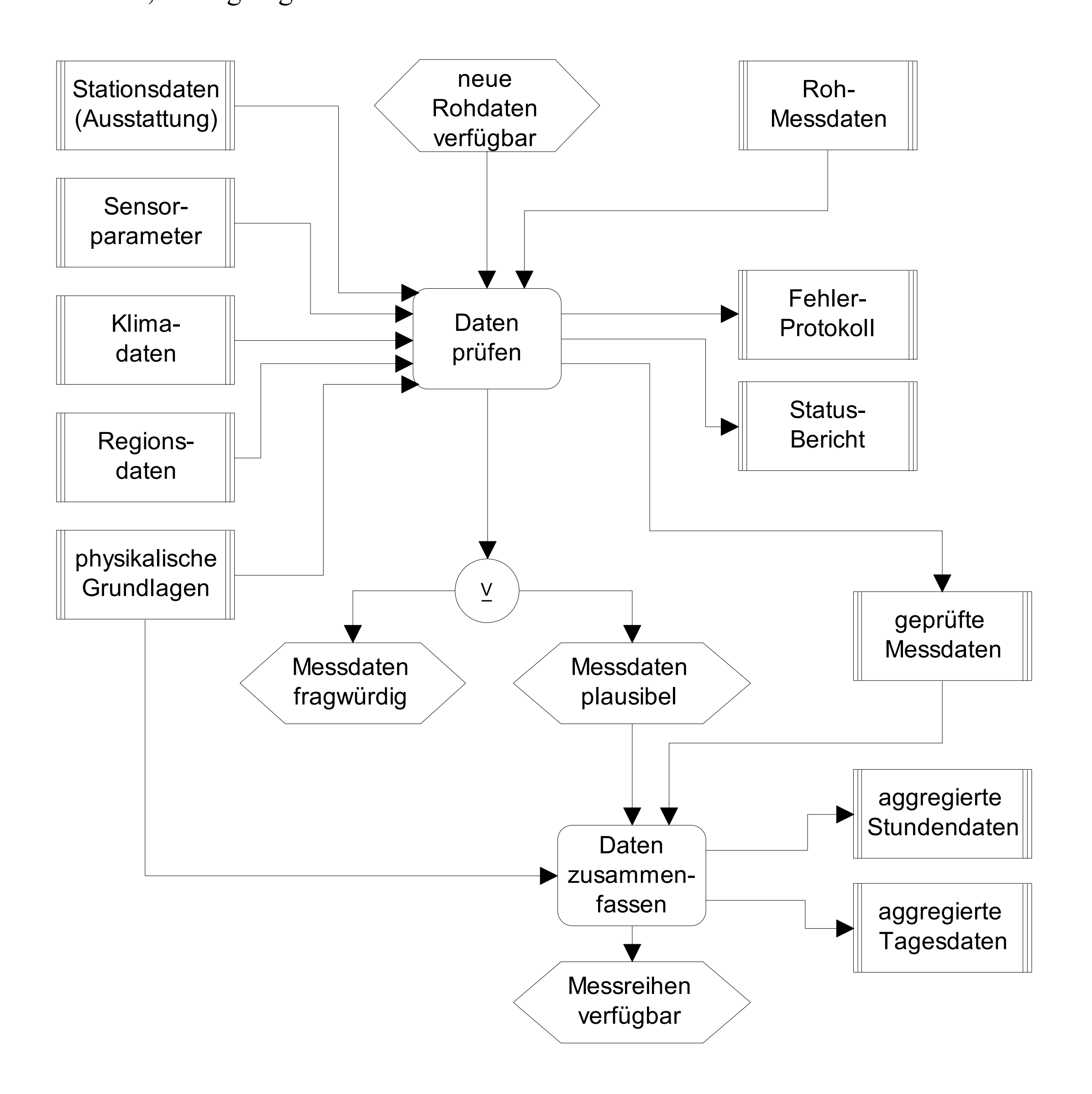


Abbildung 5-3: EPK und Datenfluss der Datenprüfung und -zusammenfassung

Nach der Prüfung stehen der zentralen Datenbank abgesicherte Messdaten zur Weitergabe an

die Anwender zur Verfügung. Es gibt keine Standard-Anwendung für die agrarmeteorologischen Messdaten, vielmehr kann der Wunsch nach den Daten als dreidimensionale Matrix aufgefasst werden, deren Achsen das Zeitfenster (Historie), die zeitliche Auflösung (Diskretisierung 10-Minuten, 1 Stunde, 1 Tag) sowie die verschiedenen Messgrößen sind. Daher ist eine Benutzerinteraktion (Dialog, Bildschirm-Maske oder Formular) oder eine Anweisungsliste für eine kommandogesteuerte Benutzereingabe unumgänglich. Wird nun auch noch die Möglichkeit von Veränderungen innerhalb des Messnetzes berücksichtigt (Erweiterung, Verkleinerung, Standortveränderung, Ausstattungsveränderung), so ergibt sich noch ein weiterer Freiheitsgrad. Daher muss für den Benutzerdialog eine dynamisch anpassbare Eingabeschnittstelle und ein dynamischer Katalog der Eigenschaften (also eine aktuelle Stationsinformation) zur Verfügung gestellt werden.

Beim Datenauswahlwunsch sind zwei Wege zu verfolgen, zum einen die Bereitstellung einer aktuellen Datenzusammenfassung, die möglichst vielen Informationswünschen gerecht wird und die oben geschilderte flexible Auswahlmöglichkeit aus allen vorhandenen Daten. Die Aktualisierung der stationsabhängigen Informationen dagegen braucht nur dann vollzogen werden, wenn auch wirklich Veränderungen an Stationen durchgeführt wurden. Vor dem Auslösen dieser Aktion sind nur dem Betreiber bekannte Informationen in die Datenbank zu laden, daher ist es sinnvoll, auch die Aufgabe der Aktualisierung der Benutzerschnittstelle dem Betreiber zu überlassen.

Ein weiteres Kriterium bei der Gestaltung der Benutzerschnittstelle ist deren Erscheinungsbild. Auch an dieser Stelle können Anpassungen gefordert werden und müssen ohne strukturelle Änderungen im Datenmanagementsystem realisierbar sein. Für das Informations-Bereitstellungssystem ergibt sich damit ein Prozesskettenmodell, das ausgelöst durch 4 Ereignisse verschiedene Ergebnisse in Form von Eingabemasken und verschieden formatierten Ausgabelisten zur Anwenderschnittstelle liefert (Abbildung 5-4).

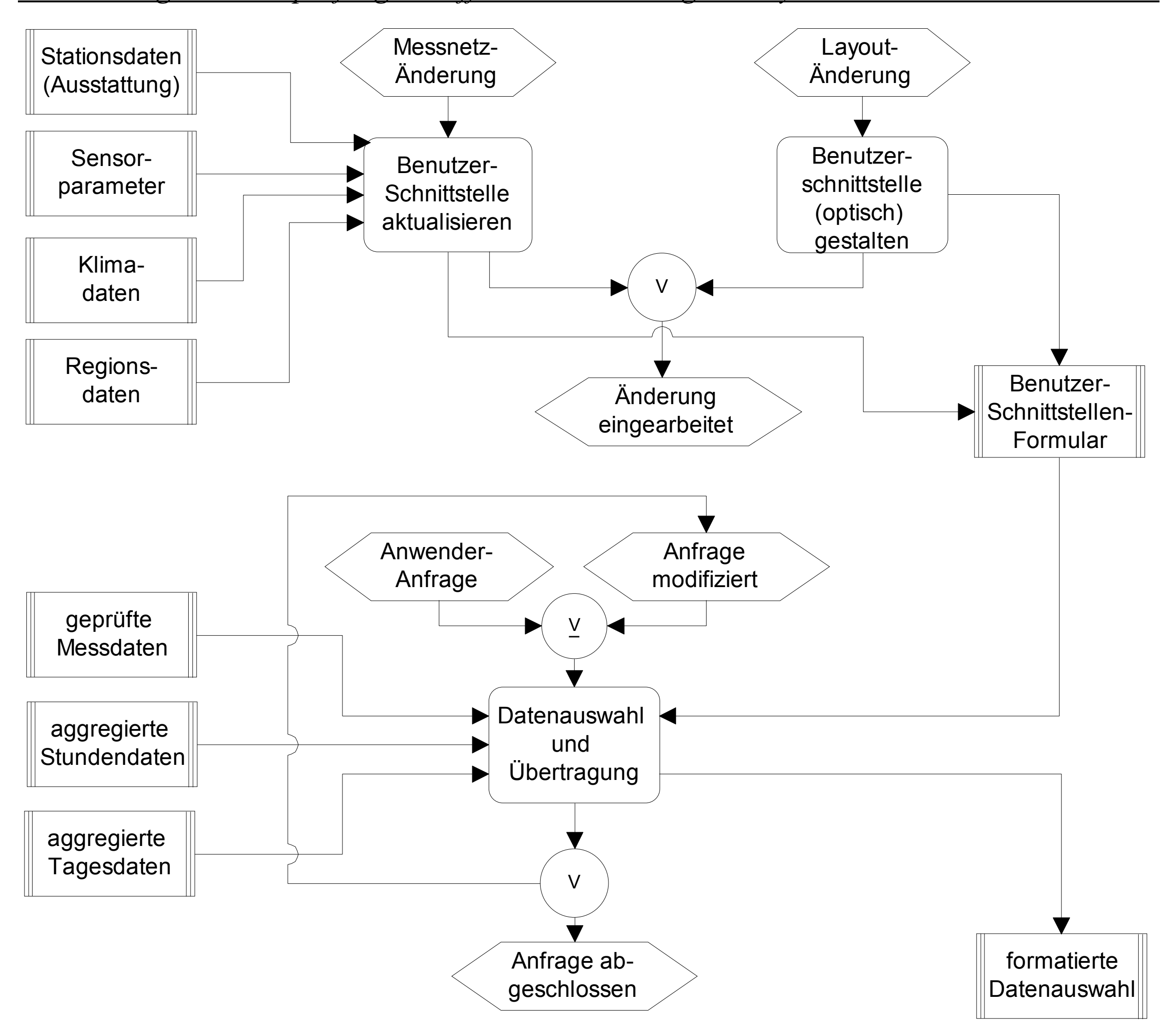


Abbildung 5-4: EPK und Datenfluss der Datenbereitstellung im WWW

5.1.1 Funktionssicht

Die vom System auszuführenden Funktionen und der globale Zusammenhang zwischen den Funktionen bilden die Funktionssicht (Abbildung 5-5). Die feine Koordination zwischen einzelnen Funktionen und dem Gesamtablauf wird dagegen in der Steuerungssicht erfasst. Die Datenabruffunktionen umfassen die gesamte Organisation der zentralen Datenabfrage bis zur Ablage der Messdaten in der zentralen Datenbank. Im Rahmen der Datenaufbereitungsfunktionen finden Prüfung und Zusammenfassung der Messwerte statt. Die Datenbereitstellungsfunktionen realisieren alle Benutzerschnittstellen zu den Daten sowohl für die Endkunden als auch für den Messnetzbetreiber.

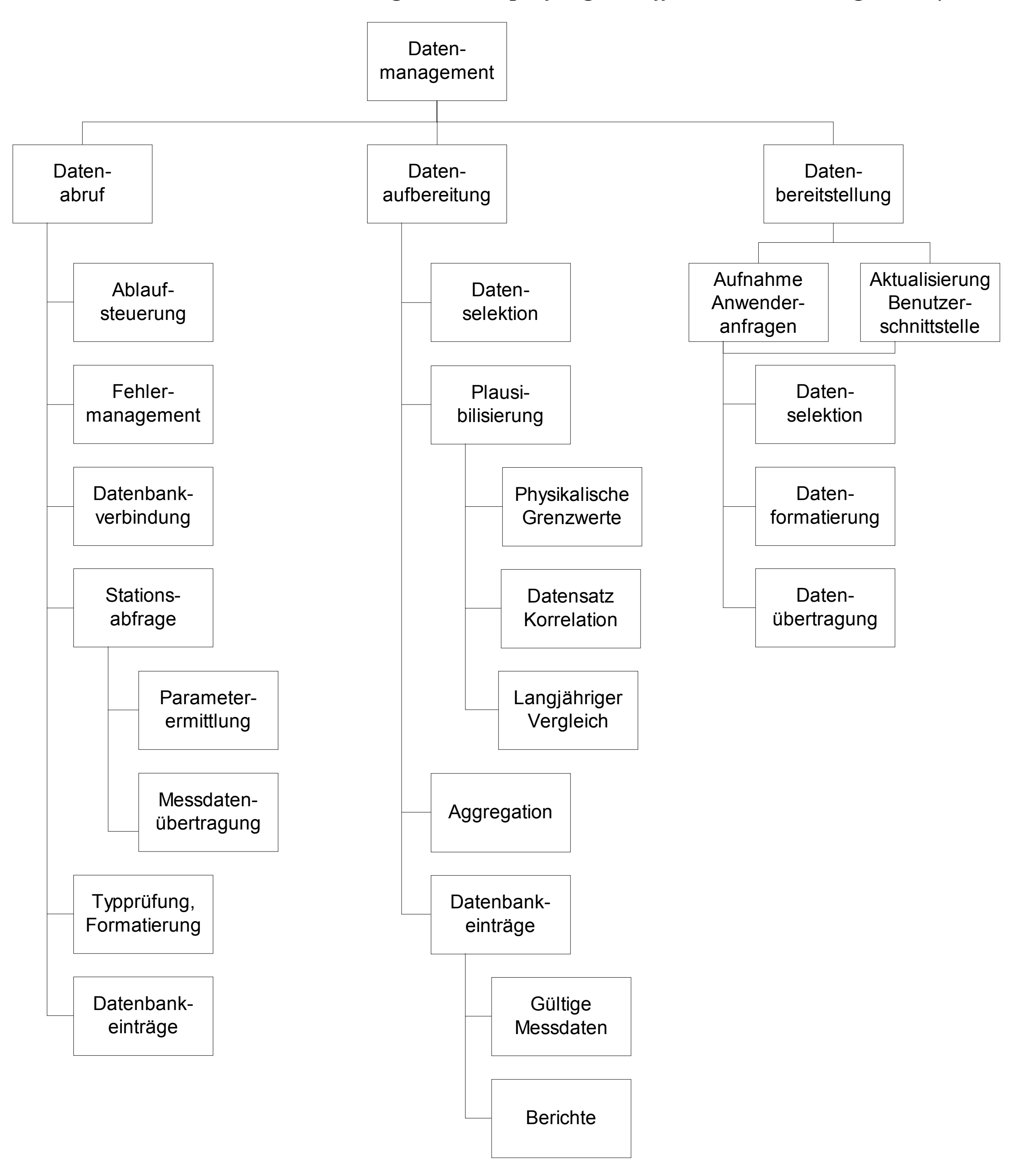


Abbildung 5-5: Funktionsbaum des Datenmanagementsystems

Im Rahmen der **Datenabruffunktionen** müssen zeit- oder ereignisgesteuert die noch nicht in der Datenbank vorhandenen Messdaten von allen verfügbaren Stationen abgefragt und in der Datenbank abgelegt werden. Eine Benutzerinteraktion soll nur zu Test- oder Kontrollzwecken stattfinden. Die wichtigsten Funktionen sind die Ablaufsteuerung und die eigentliche Stationsabfrage. Aus Zeit- und damit Kostengründen müssen mehrere Stationsabfragen parallel stattfinden können. Die Anzahl der parallelen Vorgänge muss skalierbar sein, wobei

die bestimmenden Faktoren die zulässige Übertragungszeit für alle Daten aus dem gesamten Messnetz, die reale Übertragungsgeschwindigkeit der eingesetzten Datenfernübertragung und die Ladezeit der Datenbank sind. Eine Minimierung der Abrufzeit bei optimaler Nutzung der Ressourcen ist zu berücksichtigen. Die Synchronisation der Abläufe soll mit Hilfe der Datenbank stattfinden, damit beliebige Prozesse parallelisiert werden können. Abbildung 5-6 zeigt die Verfeinerung der Ablaufsteuerfunktion. Die Unterfunktionen, die in jedem Abrufprozess ausgeführt werden, zeigt Abbildung 5-7.

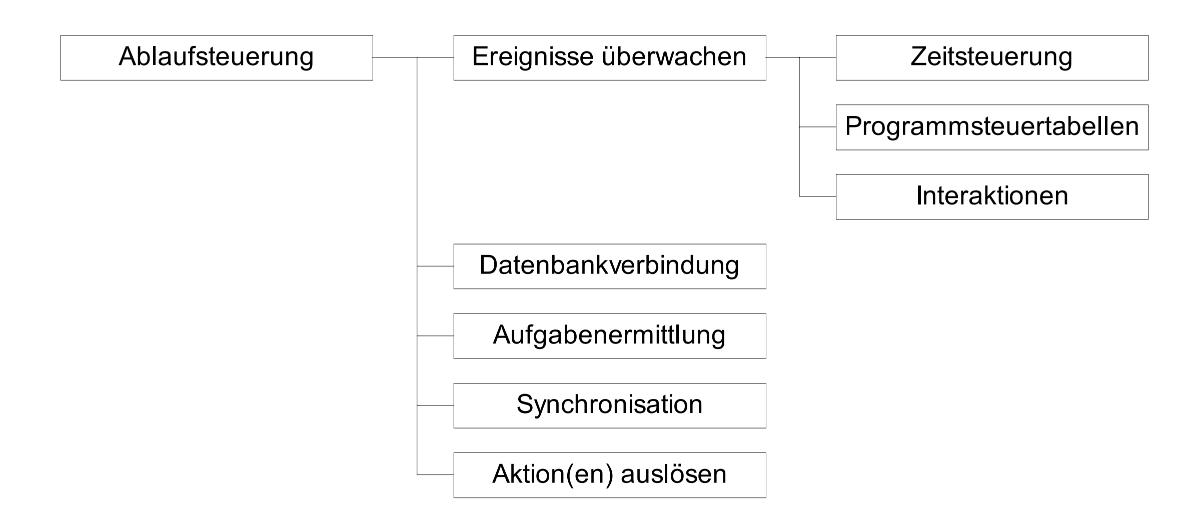


Abbildung 5-6: Funktionsbaum der Unterfunktion Datenabruf/Ablaufsteuerung

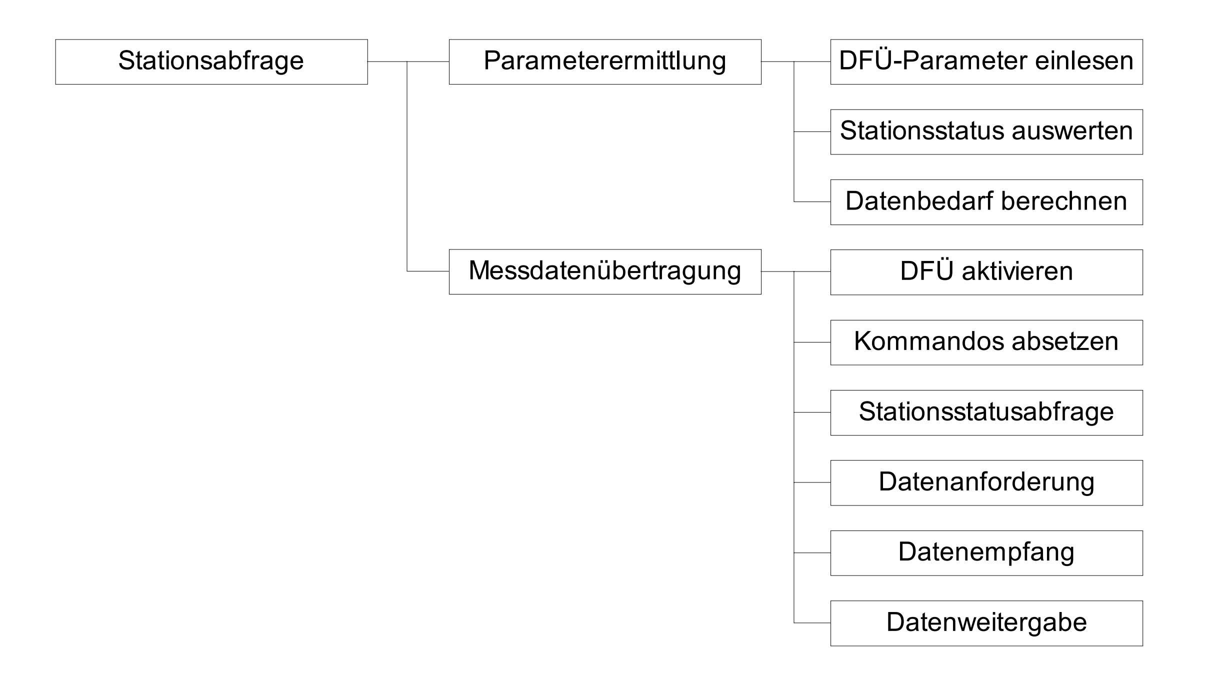


Abbildung 5-7: Funktionsbaum der Unterfunktion Datenabruf/Stationsabfrage

Zur Verbesserung der Modularität sollen die abgefragten Messdaten als Klasse zusammengefasst werden. Damit können für die einzelnen Stationen Objekte angelegt und an die Datenbank weitergegeben werden. Eine Entkopplung von Stationsabfrage und Datenbankeintrag wird möglich. Die Unterfunktionen des Datenbankeintrages sind in Abbildung 5-8 ersichtlich.

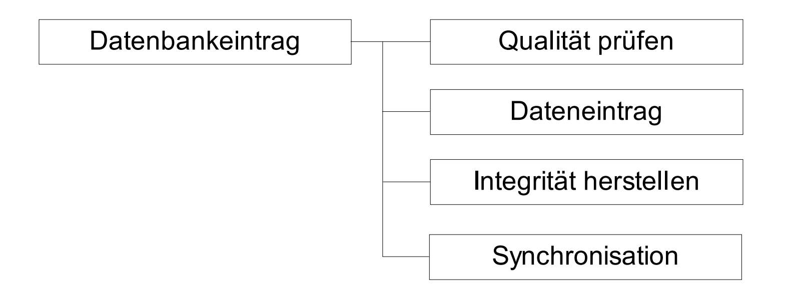


Abbildung 5-8: Funktionsbaum der Unterfunktion Datenabruf/Datenbankeintrag

Die **Datenaufbereitungsfunktionen** haben die Aufgaben, die ungeprüften Messdaten zu selektieren, Prüfung in verschiedenen Stufen durchzuführen, die plausiblen Daten in die entsprechenden Tabellen abzulegen sowie die Eingangsdaten, die im 10-Minuten-Raster erfasst werden, zu Stunden- und Tagesdaten zusammenzufassen. Es ist wiederum keine Benutzerinteraktion gewünscht. Parameter und Ergebnisse werden in der Datenbank abgelegt.

Datenbereitstellungsfunktionen

Für die Datenbereitstellung ist eine grafische Benutzerschnittstelle nötig, die auf Elemente aus der Datenbank zurückgreift. Die eigentliche Benutzerinteraktion besteht in der Übermittlung von Parametern für eine Messdatenabfrage. Die Benutzerschnittstelle enthält dabei bereits Elemente aus der Datenbank, die eine relativ geringe Dynamik aufweisen (z.B. Veränderung von Stationsstandorten). Diese Elemente sollen bei Bedarf und unabhängig von der Benutzerdatenabfrage erneuert werden und sonst wie statische Parameter zur Verfügung stehen. Daher gliedern sich die Funktionen der Datenbereitstellung in zwei unabhängige Zweige zur Benutzerinteraktion (Annahme von Anwenderanfragen und Aktualisierung der Benutzerschnittstelle, Abbildung 5-9), die jedoch die gleichen Unterfunktionen (Datenselektion, -formatierung und -übertragung) verwenden.

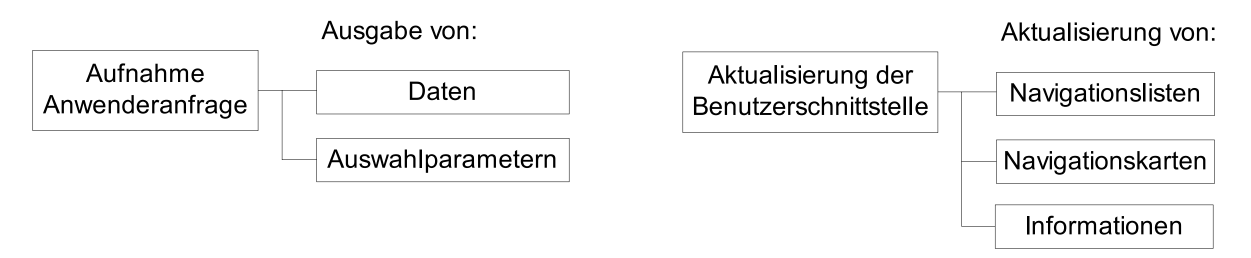


Abbildung 5-9: Unterfunktionen der Benutzerschnittstellen zur Datenbereitstellung

5.1.2 Organisationssicht

Die zur Modellierung von Wirtschaftsdaten unabdingbare Integration der Aufbauorganisation in das Datenmodell, also die Einbeziehung der Unternehmensstruktur im Bezug auf bestimmte Abläufe, hat in diesem Anwendungsfall eine untergeordnete Bedeutung, da eine Benutzerinteraktion im automatischen Betrieb nicht notwendig ist. In den Bereichen Stammdatenerfassung, Systemüberwachung und Datennutzung findet ein Informationsaustausch zwischen Benutzern (Betreiber und „Kunden“) und Datenmanagementsystem statt (vgl. Tabelle 5-1). Ein Organigramm zur Verdeutlichung von Prozessabläufen kann eine Hilfe zur Deckung des Bedarfs einzelner Organisationseinheiten an zusätzlichen Informationen über Status und Ablauf des Datenabruf- oder Bereitstellungsprozesses sein. Der Messnetzbetreiber benötigt solche Informationen zur Vermeidung von Datenverlusten und Verhinderung von Fehlinformation der Anwender. Das Organigramm (Abbildung 5-10) stellt die Verknüpfung zwischen den Organisationseinheiten auf Grund der Weisungsbefugnis (besser ausgedrückt der Auftragserteilung) dar und stellt entsprechend der Organisationsstruktur der Landwirtschaftsverwaltung und der von ihr beauftragten Fremdunternehmen eine funktionale Sicht dar. Querverbindungen auf der gleichen Hierarchieebene wie der Administration des Stationsbetreibers sind zur Vereinfachung des Verwaltungsablaufes zulässig.

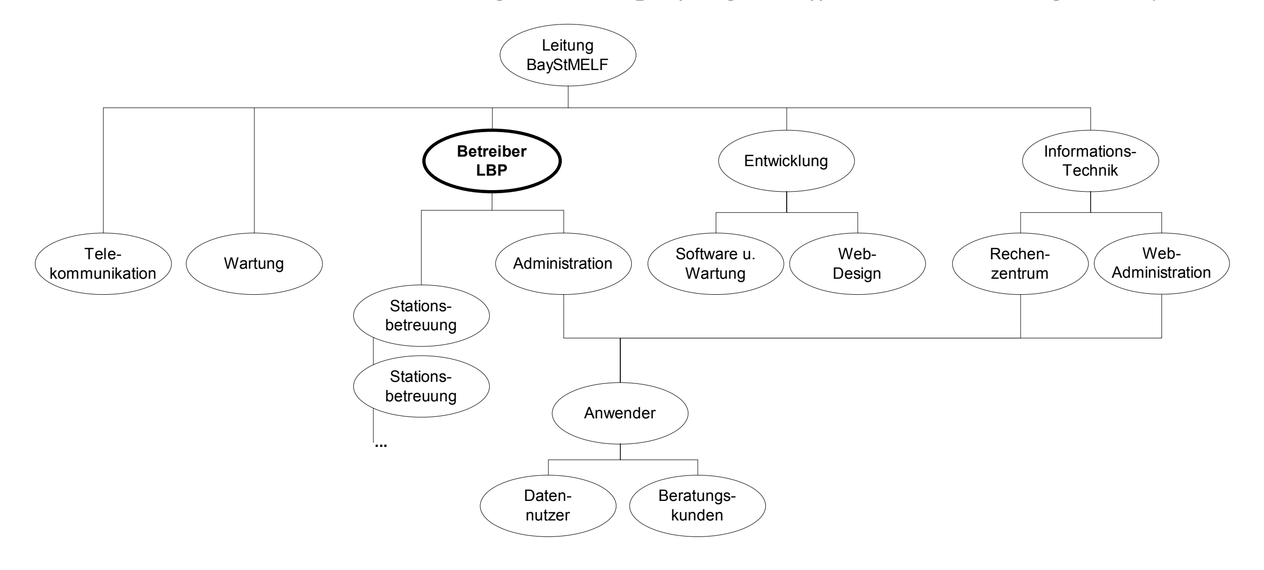


Abbildung 5-10: Aufbauorganisation des Messnetz-Betriebes als Organigramm

5.1.3 Datensicht

Ereignisse und Zustände werden durch Daten repräsentiert und bestimmen die Datensicht. Hauptaufgabe eines Messnetzes ist die Erfassung, Archivierung und Bereitstellung von Messdaten in Form von Zeitreihen. Die zu erfassenden Ereignisse sind Messdaten, also physikalische Größen, die Erfassungsorten und Erfassungszeiten zugeordnet werden. Sie sind im engeren Sinne keine Bewegtdaten, da keine erfassten Daten wieder entfernt werden (dürfen). Da sie jedoch ständig erweitert und bei erkannten Fehlern auch aktualisiert werden, sollten sie als Bewegtdaten aufgefasst werden. Einen weiteren Bestandteil der Bewegtdaten bilden noch Protokollaufzeichnungen und Steuer- bzw. Statusdaten. Zustände werden als Stammdaten abgebildet. Zu ihnen zählen Zusatzinformationen, die eine Charakterisierung der Messdaten ermöglichen wie Sensoreigenschaften (Beschreibung der physikalischen Größen), regionale und standortbezogene Daten (Beschreibung der Erfassungsorte). Grob betrachtet, kann inhaltlich eine logische Dreiteilung der Daten vorgenommen werden:

- Steuerdaten,
- Messdaten,
- Beschreibungen und Meldungen.

Grundsätzlich soll das Datenmodell so aufgebaut sein, dass möglichst alle geforderten

Eigenschaften durch die Möglichkeiten des relationalen Datenbanksystems implementierbar sind. Damit wird die Offenheit des Systems gewährleistet. Die Datenbank wird als zentrales Element des Managementsystems verwendet, denn auf sie kann auf Grund der konsequenten Client-Server-Architektur des verwendeten Datenbankmanagementsystems von beliebiger Stelle aus mit standardisierten Mitteln zugegriffen werden. Als Entity-Relationship-Modell (ERM) lässt sich diese Datensicht am besten darstellen, wenn komplex zusammenhängende Entitäten und Relationen zusammengefasst werden. Abbildung 5-11 zeigt das später zu verfeinernde Datenmodell, das eine Steuerung des Datenabrufes und der Prüfung der Daten durch frei angebundene Funktionen erlaubt. Im oberen Bereich der Abbildung sind Beschreibungsdaten zu finden, in der Mitte die verschiedenen Stadien der Messdaten, unten links der Bereich der Steuerungsdaten, dem wiederum Beschreibungen und Meldungsdaten angegliedert sind. Die Relationen stellen einfache Verknüpfungen zwischen den einzelnen Entitäten dar und sind zur Sicherung der referentiellen Integrität zu verwenden. Die als ER-Typ dargestellten Objekte sind zusammengefasste Entitäten und Relationen, die komplexere geschlossene Zusammenhänge abbilden.

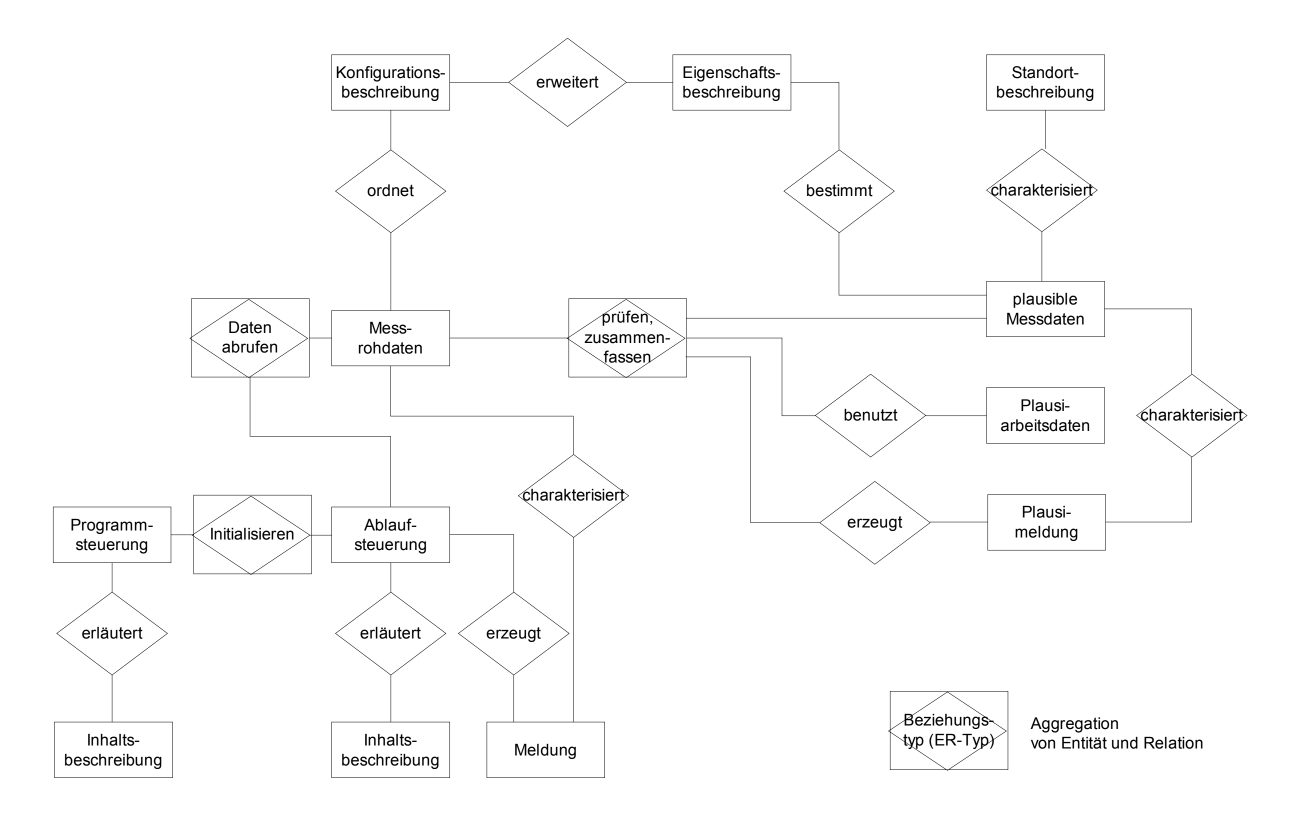


Abbildung 5-11: Übersicht über die Datenstrukturen im Messdaten-Managementsystem als ERM

Die **Steuerdaten** sollen das Zusammenwirken von beliebigen Programmmodulen in beliebi-

ger Implementierung auf einer beliebigen Infrastruktur (Software, Hardware, Netz) ermöglichen. Die Module sollen dabei relativ unabhängig voneinander parallel arbeiten können (Multitasking). Die Aufgabe der Steuerdaten ist dabei die Realisierung der Synchronisation der Prozesse, der Ablaufsteuerung und einer minimalen Daten-Schnittstelle zum Austausch von Programm-Betriebsparametern. Durch entsprechendes Design der Steuerdaten soll eine Transaktionssteuerung verwirklicht werden, die eine fehlerfreie Synchronisation der Datenzugriffsprozesse garantiert. Bei der Realisierung der Entitäten muss davon ausgegangen werden, dass mehrere Prozesse mit gleicher Autorität gleichzeitig darauf zugreifen. Außerdem soll durch die Visualisierung der Steuer-Entitäten für den Betreiber oder Administrator eine Beurteilung des Systemstatus möglich sein, daher sind die durch die Attribute und Tupel festgelegten Eigenschaften gegebenenfalls in Beschreibungs-Entitäten zu dokumentieren.

Die **Messdaten** bilden die von den Datenloggern erfassten und diskretisierten Witterungsverläufe als Zeitreihen mit äquidistanten Messpunkten ab. Ausgangspunkt in der Datenbank ist eine Rohdaten-Entität, in der diese Daten fortlaufend abgelegt werden. Durch Prüfung und Zusammenfassung entstehen weitere Messdaten-Enitäten, die mit den Rohdaten verknüpft bleiben, um den Herkunftsbezug zu sichern.

Die **Beschreibungsdaten** bieten neben der Möglichkeit, durch die Speicherung eines Kontextes Erläuterungen zu Entitäten und Attributen zu geben, auch den Rahmen für die Katalogisierung der geografischen und sensortechnischen Eigenschaften der Messstationen. Außerdem werden unter dieser Rubrik bestimmte Meldungen über Ereignisse und Zustände von Messstation und Datenübertragung archiviert.

5.1.4 Steuerungssicht

Durch die Auflösung des gesamten komplexen Prozessmodells der Vorgangsketten in die Organisations-, Daten- und Funktionssicht geht die Beschreibung der Zusammenhänge zwischen den Sichten verloren. Um die Zerlegung in Teilaspekte trotzdem vollziehen zu können und diesen Informationsverlust auszugleichen, wird eine zusätzliche Sicht, die Steuerungssicht eingeführt. Werden als Ausgangspunkt der Modellierung ereignisgesteuerte Prozessketten mit Datenfluss und Angabe der beteiligten Organisation verwendet, sind die Verbindungen bereits grob erfasst (vgl. Abbildung 5-2). Eine explizite Aufnahme der Verbindungen zwischen den Sichten und damit eine Systematisierung der Verbindungen kann mit Flussdiagrammen gut erreicht werden. Zusätzliche Informationen aus der Organisationssicht sind im vorliegenden Fall auf Grund der praktisch nicht vorhandenen direkten Benutzerinteraktion für die Funktionen Datenerfassung und Datenprüfung nicht nötig.

Das Zusammenwirken von Funktionen und Daten für den Datenabruf zeigt das Flussdiagramm in Abbildung 5-12. Im Datenabrufprozess sind außer Daten und Zeit auch Ereignisse prozessbestimmend. Sowohl bei der Datenfernübertragung als auch bei jedem Datenbankzugriff können Zustände auftreten, die den Datenfluss steuern müssen (dargestellt durch Balken). Bei der weiteren Systementwicklung müssen daher unbedingt Kontrollflüsse eingeführt werden, also die Real Time Erweiterung berücksichtigt werden.

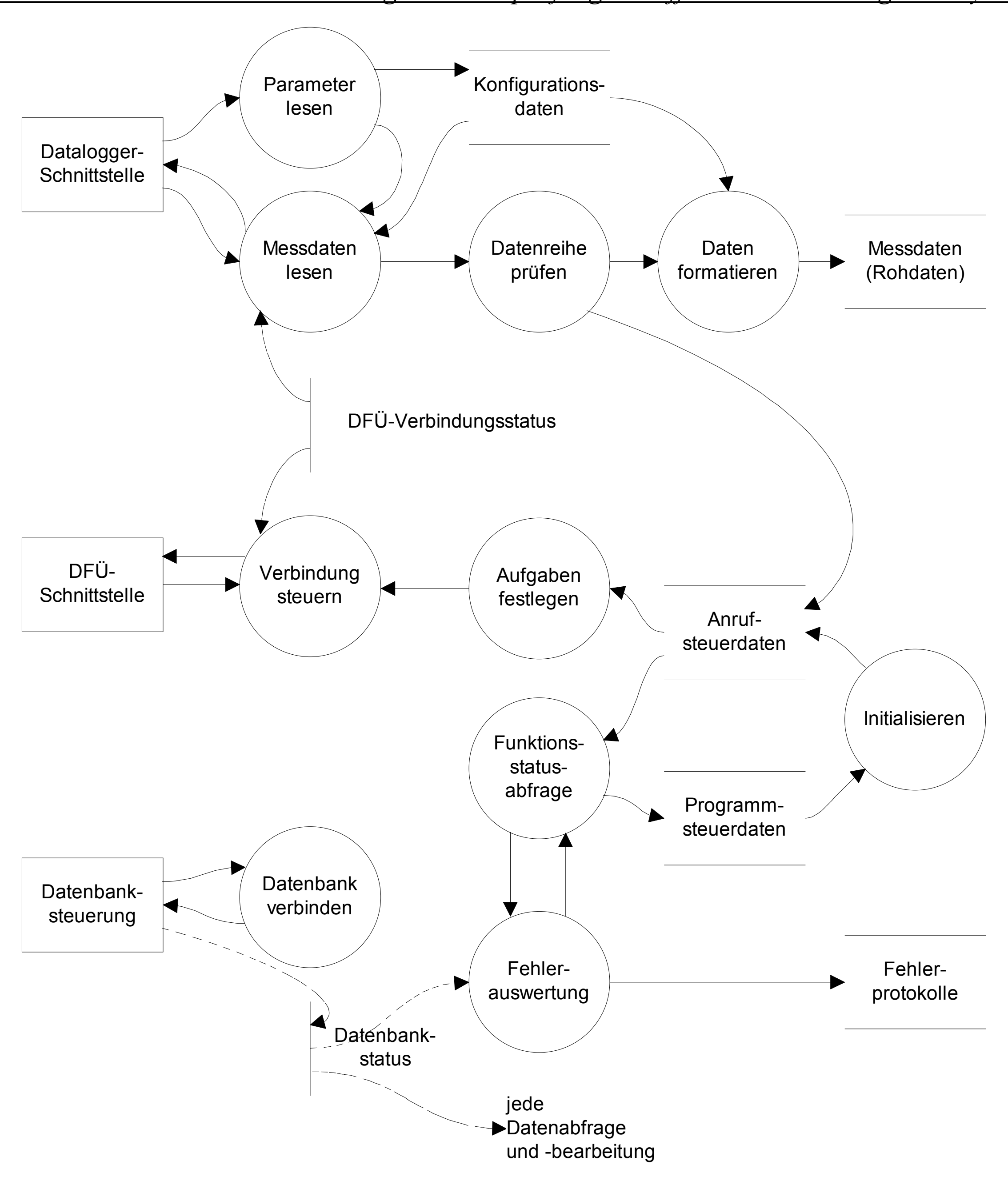


Abbildung 5-12: Flussdiagramm Datenabruf (Übersicht)

Die Datenprüfung kann erst nach vollzogener Datenübertragung stattfinden. Daher ist eine Synchronisation über die Steuerdaten notwendig. Abbildung 5-13 zeigt den Datenfluss der Messdatenprüfung und -zusammenfassung. Die Prüffunktionen greifen auf die Rohdaten zurück und bilden mit Hilfe von Sensordaten (technische und physikalische Sensoreigenschaften sowie Lageinformationen) neue Datensätze mit unterschiedlicher zeitlicher Zusammenfassung.

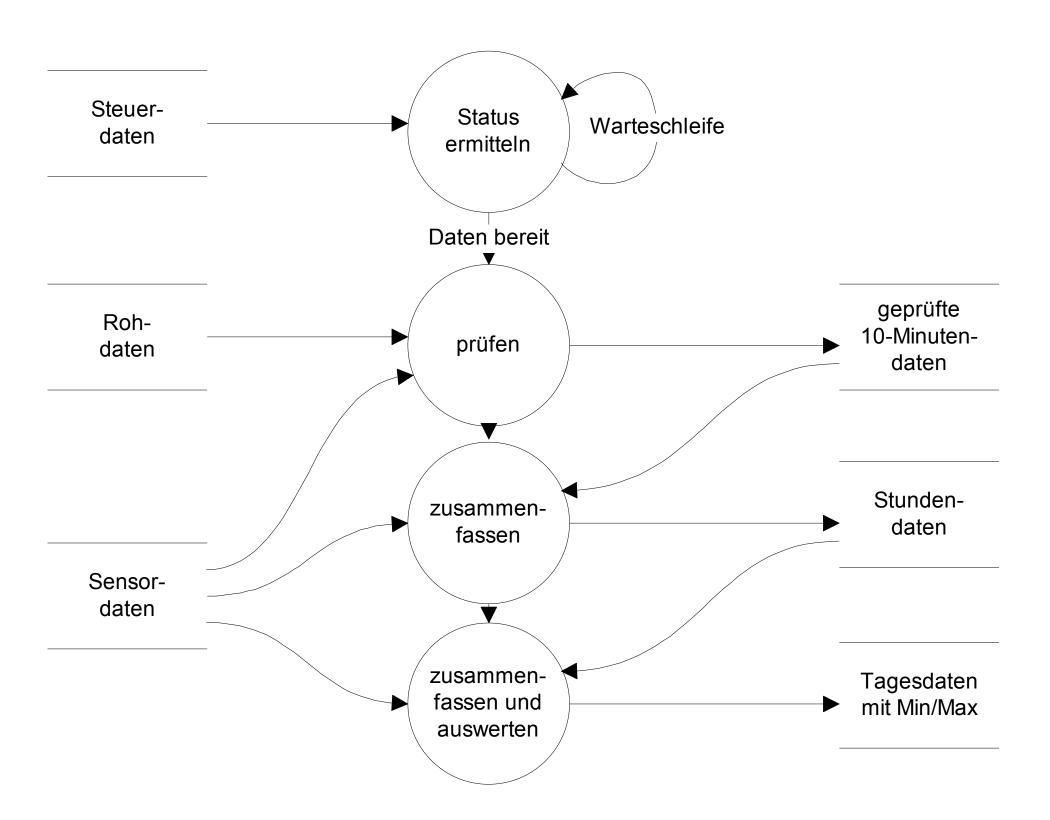


Abbildung 5-13: Datenflussdiagramm zur Datenprüfung und -zusammenfassung

Für die Datenbereitstellung gibt es die im Rahmen der Funktionssicht erläuterten zwei Organisationen, die unterschiedliche Optionen des Systems nutzen. Die erste Organisation ist der Betreiber, der administrativ die Funktionen zur Aktualisierung der Benutzerschnittstelle steuert, die zweite Organisation (nur informationstechnisch zusammengefasst) sind allgemeine Benutzer (Daten- oder Beratungskunden), die Messdatenabrufe auslösen. Die Online-Datenbereitstellung gliedert sich funktionell in die Konfiguration der (Kunden-) Benutzerschnittstelle durch den Betreiber (Administratorschnittstelle) und die eigentliche Datenanforderung und -anlieferung. Da auch die Administratorschnittstelle eine spezielle Benutzerschnittstelle ist und die durch ihn angeforderten Ergebnisse auch speziell formatierte Datenabfragen, ist der Datenfluss für beide Funktionen prinzipiell identisch (Abbildung 5-14). Die Einarbeitung der Organisationssicht geschieht also in der parallelen Bereitstellung von zwei aufgabenspezifischen Benutzerschnittstellen.

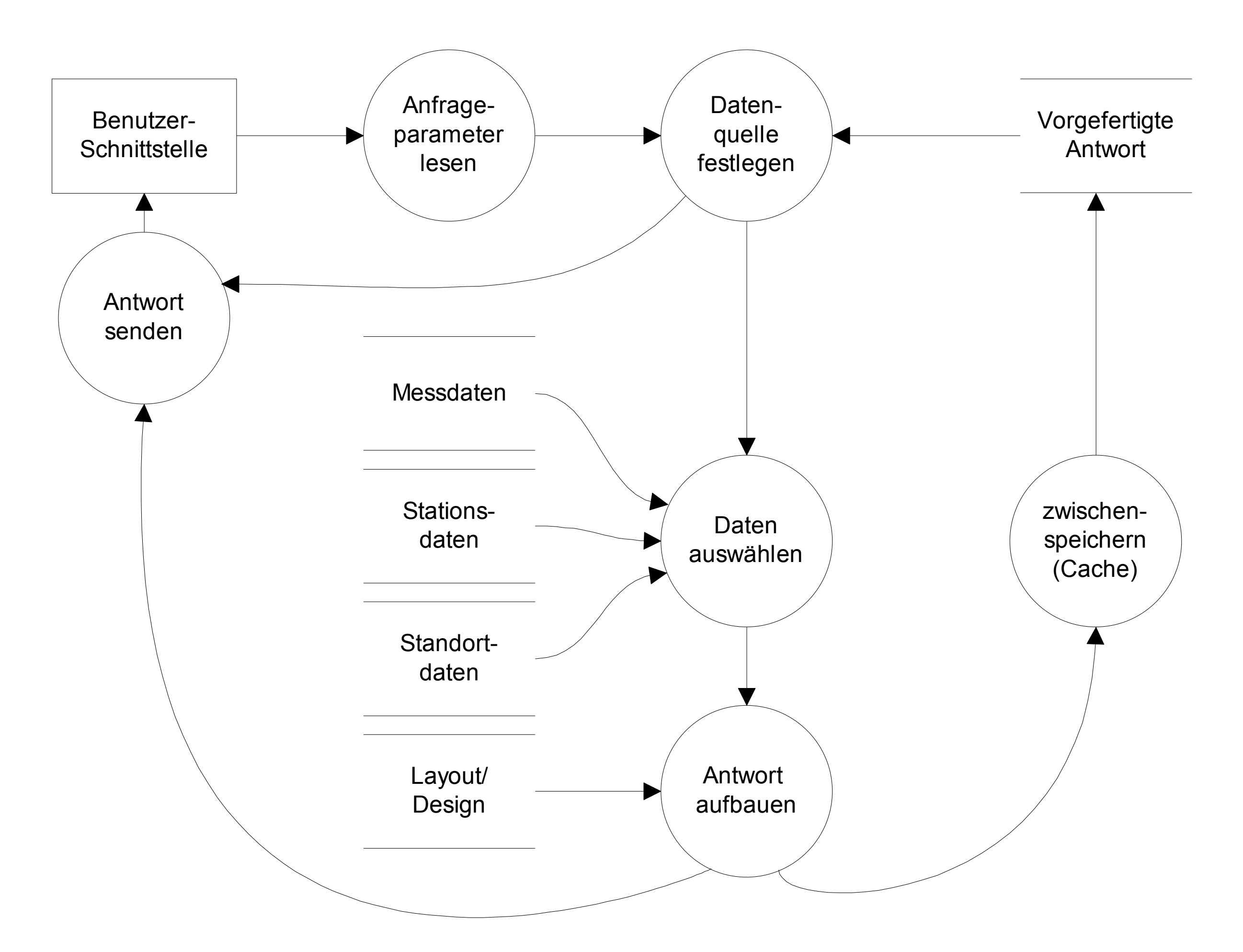


Abbildung 5-14: Datenflussdiagramm Online-Datenbereitstellung mit Zwischenspeicher

5.2 Entwurf des offenen Datenmanagementsystems

Mit dem Fachkonzept wurde eine konkrete, detaillierte Aufgabendefinition als Grundlage für die Umsetzung in ein vollautomatisches Datenmanagementsystem erarbeitet. Eine Reihe der Anforderungen, die eine Realisierung als offenes System bewirken, wurden im Fachkonzept nicht oder nur tangential angesprochen. Die fachliche Funktion des Systems wird von diesen Eigenschaften wenig, die Qualität des Systems jedoch stark beeinflusst. Da diese informationstechnischen Kriterien bisher nicht ausreichend definiert sind, müssen sie in der anschließenden Entwurfphase, dem DV-Konzept, im Vordergrund stehen. Die ebenfalls noch nicht beschriebene Ressourcen-Sicht wird, soweit sie nicht in Kapitel 2.4.1 und 4.3 auf Grund der vorgegebenen Infrastruktur festgelegt ist, in DV-Konzept und der Implementierungsebene behandelt.

Methodische Grundlage der Umsetzung ist die Zerlegung in überschaubare Teilprojekte. Weil das Gesamtprojekt als offenes System charakterisiert und entwickelt werden soll, ist aber eine zu starke Trennung in der Methodik nicht für alle Belange angebracht. Daher werden Fachkonzept, DV-Konzept und Implementierung nicht für jedes Teilprojekt gesondert beschrieben. Bevor die einzelnen Teilprojekte definiert und umgesetzt werden können, müssen allgemeine Schnittstellen für mögliche Module im Gesamtkonsens des Datenmanagementsystems definiert werden.

5.2.1 Zentrale Komponenten

5.2.1.1 Datenbankschnittstelle

Ein bewährtes Konzept zur Realisierung offener verteilter Systeme ist die eingangs beschriebene Client-Server-Architektur (CSA). Bei verketteten Aufgaben können ebenso Dienstanbieter (Server) und Dienstnehmer (Client) kettenförmige oder netzartige Beziehungen eingehen. Ein Client kann für andere Clients Dienste anbieten und wird somit zum Server. Eine solche mehrstufige Client-Server-Grundstruktur wird die Grundlage für die Verbindung der Teilprojekte. Wichtigste Methode zur Realisierung eines solchen Funktions- und Datenverbundes ist die klare Schnittstellendefinition. Als Basisschnittstellen werden Standards verwendet (vgl. Kap. 2.1), für die Anwendungsdaten müssen eigene Schnittstellen

definiert werden.

Kern der Anwenderschnittstelle des agrarmeteorologischen Datenmanagementsystems ist die Datenbank, mit der bereits angedeuteten fachlichen Gliederung in Messdaten (Values VL), Steuerdaten (Control CN) und Beschreibungsdaten (Description DS) (Abbildung 5-15).

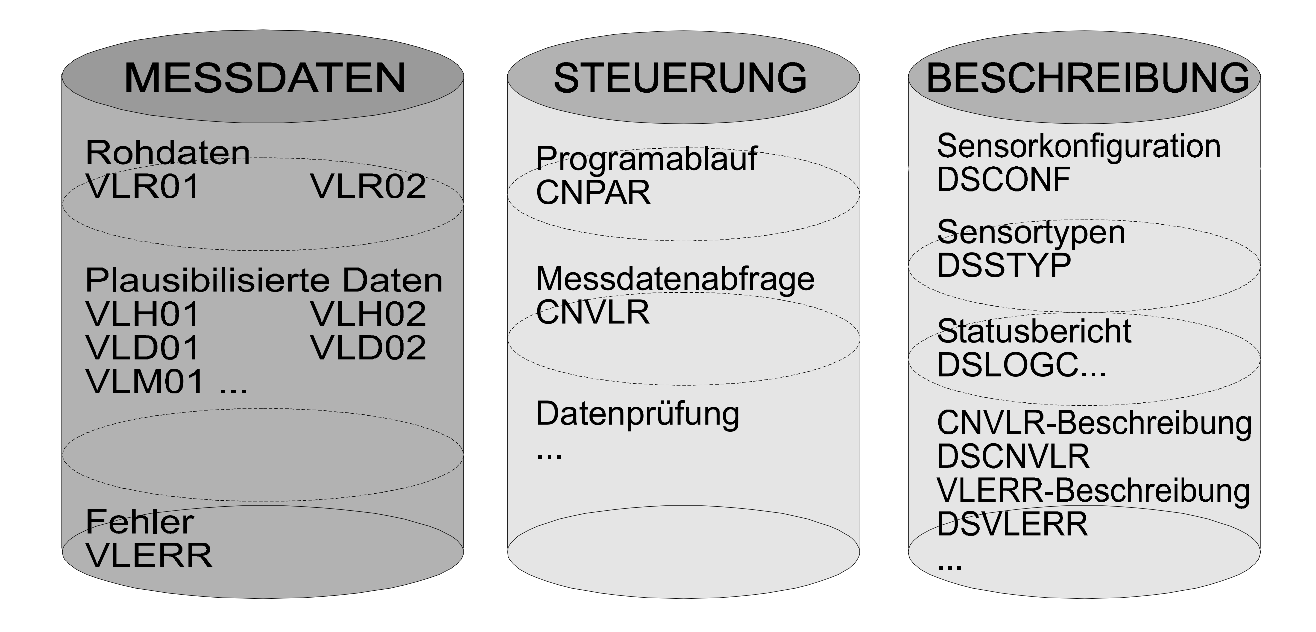


Abbildung 5-15: Aufbau der Datenbank des agrarmeteorologischen Datenmanagementsystems

- Definition der **Steuerdaten**

Notwendig ist eine Entität zur Programmsteuerung (CNPAR), die für jede angeschlossene Datenabrufschnittstelle zentral zu verwaltende Parameter beinhaltet. Attribute dieser Entität sind die Startzeit, zu der die täglichen Aktivitäten aktiviert werden, eine Latenzzeit, die ein Abwarten systeminterner Verzögerungszeiten ermöglicht, eine Vorgabe für Datentransfer-Wiederholungsversuche, ein Statusfeld, welches den Zustand des Programms angibt und auch zum Ansteuern bestimmter Zustände verwendet werden kann sowie Zeitstempel, die den Eintrittszeitpunkt des aktuellen Ereignisses und dem letzten Einstellen des Grundzustandes festhalten. Die zweite wichtige Steuerentität dient der Ablaufsteuerung und Synchronisation innerhalb der Programme (Ablauf- oder Anrufsteuertabelle, CNVLR). Sie beinhaltet für jeden Stationsdatenabruf die Attribute Messstationsnummer, Abrufzeitpunkt, auszuführende Aktion (Befehl) sowie eine Statusangabe bezogen auf die Aktion. Weitere Attribute sind die Kommunikationsadresse der Station (z.Z. Telefonnummer), ein aktueller Wiederholungs-

zähler und der Zeitstempel des letzten übertragenen Messdatensatzes (Abbildung 5-16). Mit dieser Entität können weitere Eigenschaften der Stationen und Messdaten verknüpft werden.

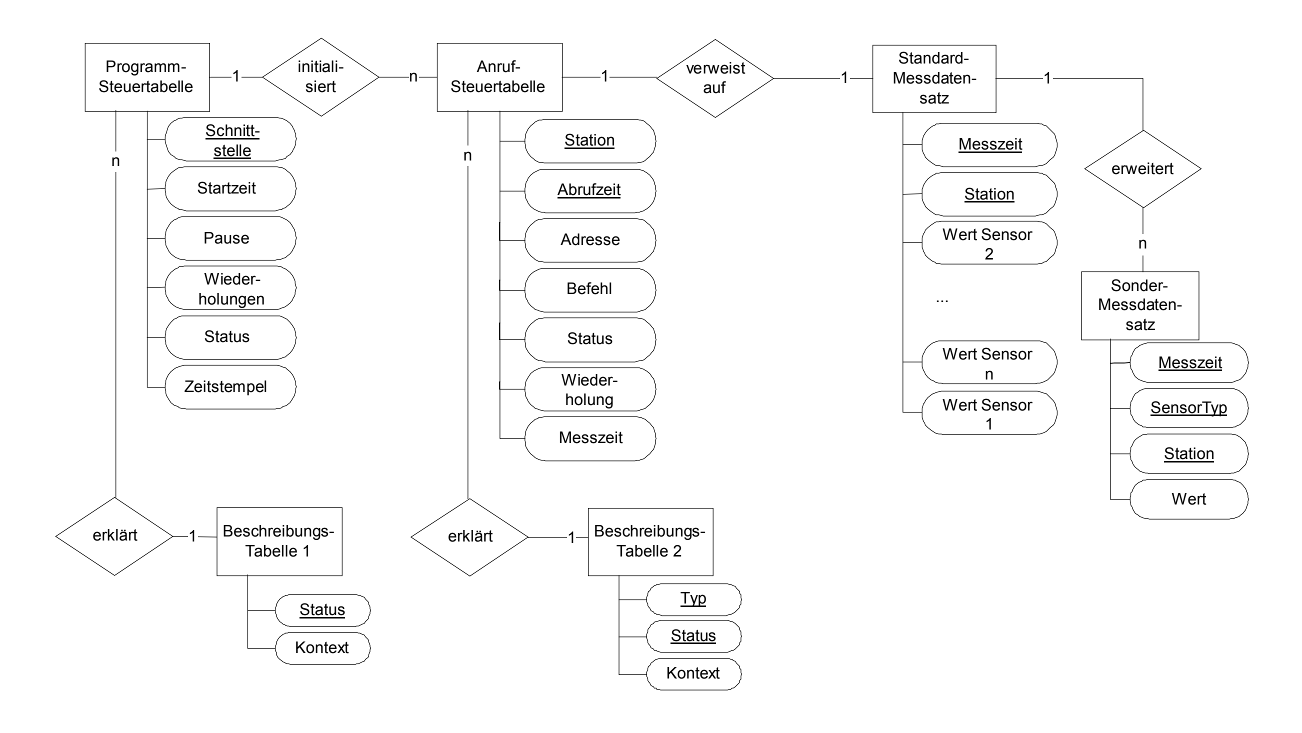


Abbildung 5-16: ERM der Steuerdaten und Anknüpfung zu den Messdaten

- Definition der **Messdaten**

Die Messstationen haben überwiegend eine Ausstattung mit 10 verschiedenen Sensoren (in der Datenbank Attribute). Es gibt jedoch - evtl. auch nur über bestimmte Perioden - Ausnahmen, so dass die Anzahl der Sensoren (Attribute) variabel gehalten werden muss. Die Normalisierung der Messdaten ist so zu gestalten, dass eine Standard-Messdaten-Entität und eine variable Entität für Sondersensor-Messdaten existiert. Im Datenlogger selbst ist die Reihenfolge der abzufragenden Messwerte variabel einstellbar oder abhängig von der Verdrahtung der Messstation. Die Zuordnung (Mapping) Sensor-Sensorposition-Datensatz wird abhängig von Datenloggertyp und Hersteller durch die Software des Datenloggers auf dem PC oder durch Konfigurationsinformationen im Datenlogger bestimmt. Damit immer die richtige Zuordnung der Messwerte zu den Attributen in der Datenbank stattfindet, ist dieser Zusammenhang zu erfassen und entsprechend Abbildung 5-17 zu modellieren. Eine Entität „Sensorkonfigurationstabelle", in der die einzelnen Positionen für die exakte Zuordnung der Messdaten abgelegt sind, dient der Beschreibung dieser dynamischen Zusammenhänge. Sie muss bei jeder Veränderung an der Messstation oder am Datenlogger aktualisiert

werden und ist unabhängig von der verwendeten Hardware, da nur die Definition der Tupel (also des Inhalts der Tabellen) von der Art der Erzeugung des Messdatensatzes abhängig ist.

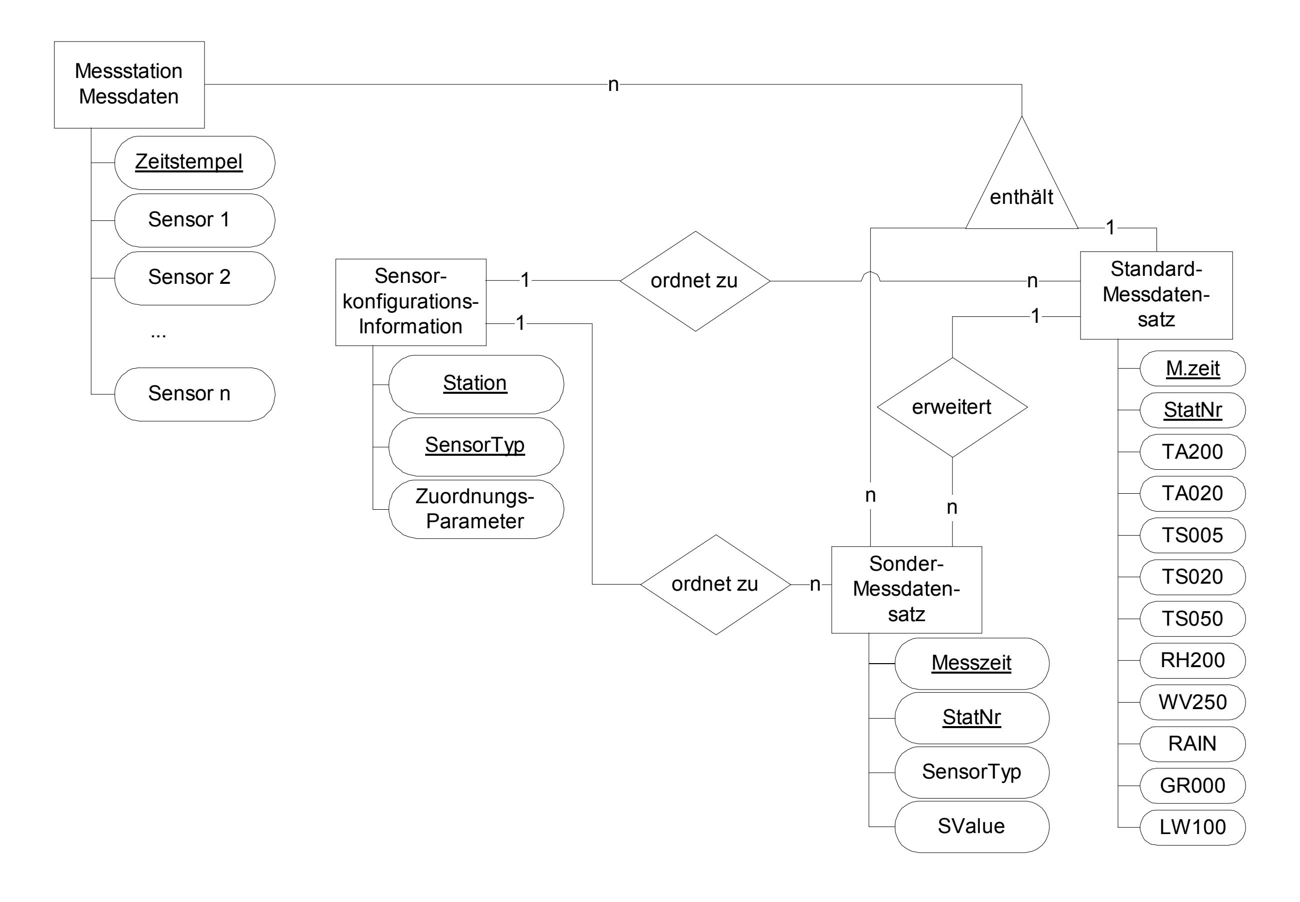


Abbildung 5-17: ERM der Eingangs-Messdaten mit der Zuordnung von Erfassungsort zu Tabellenposition über die Sensorkonfiguration

Durch die Sensorkonfigurationstabelle gibt es eine Entität in der Datenbank, die für jede verwendete Komponente, gleich ob Hardware oder Software bzw. sequentieller Datensatz, die Zuordnung zwischen dem am Sensor erfassten Messwert und dem entsprechenden Attribut der Entität Messdatensatz ermöglicht. Diese Entität ist für die vollständige Beschreibung der Sensoreigenschaften um eine Entität mit Attributen über Berechnungsfaktoren, Grenzwerte und Zusammenfassungsvorschriften erweiterbar. Die Messdaten werden in zwei Entitäten als Standardmessdatensatz für die an fast allen Stationen vorhandenen Sensoren und per Fremdschlüssel angeschlossenem variablen Datensatz für Sondersensoren abgelegt. Die Attribute des Standardsatzes sind neben den Schlüsselfeldern zur zeitlichen und standörtlichen Zuordnung fest den Sensorwerten zugeordnet. Auch für diese fest zugeordneten Sensorwerte sind zum vollständigen Mapping-Einträge in der Sensorkonfigurationstabelle nötig. Bei der Sondersensorentität gibt es neben dem Attribut Messwert ein mit

der Sensorkonfiguration in Relation stehendes Attribut Sensortyp und die Attribute zur zeitlichen und örtlichen Zuordnung.

Die bisher modellierten Messdaten sind immer noch ungeprüfte Rohdaten. Sie sind vom Prüf- und Zusammenfassungssystem einmalig weiterzuverarbeiten und in entsprechenden Entitäten abzulegen. Dabei sollen die nicht manipulierten Rohdaten ebenso archiviert werden, wie die für die Anwender bereitgestellten plausiblen Daten. Den agrarmeteorologischen Aufgaben entsprechend benötigen Anwender neben den verschiedenen zeitlich zusammengefassten Messdaten in vielen Fällen zu den Tagesdaten statistische Werte wie Mittelwert, Minimalwert und Maximalwert der zugrundeliegenden Einzelwerte. Bei bestimmten physikalischen Größen sind Mittelwerte nicht aussagekräftig, daher werden die kumulierenden Messwerte als Summe zusammengefasst. Das Datenmodell für die Messwerte ist daher um Entitäten mit Attributen, die diese Inhalte abbilden können zu erweitern (Abbildung 5-18). Die horizontalen Relationen zwischen den Standardmessdaten-Entitäten bzw. den Sondermessdaten-Entitäten sind dabei arithmetische Algorithmen. Die Relationen zur Verknüpfung mit dem geografischen Messort (Standort) und den physikalischen Hintergründen der Messwerte (Eigenschaften) sind in der Abbildung nicht dargestellt, sie müssen aber im Modell berücksichtigt werden (z.B. zur Entscheidung über Mittelwert oder Summenbildung).

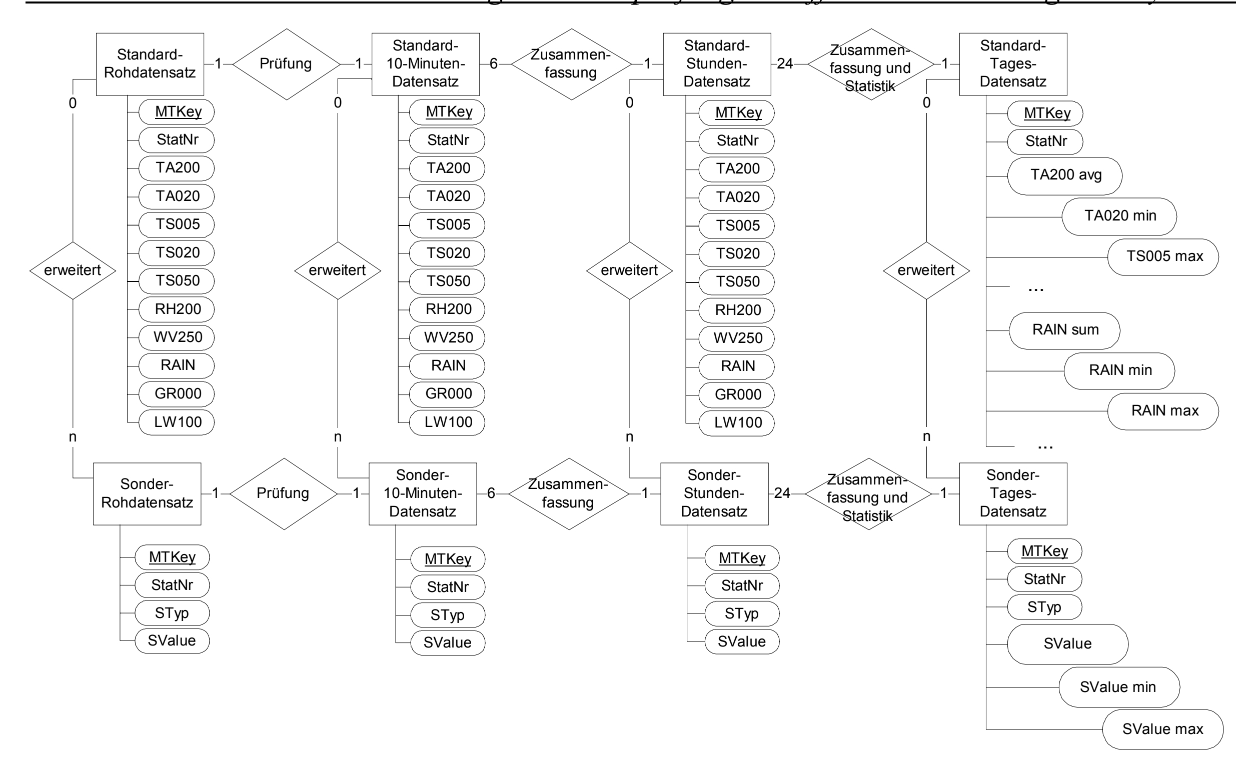


Abbildung 5-18: ERM der Messdatenprüfung und Zusammenfassung (Plausibilisierung)

Die Messdaten und die daraus abgeleiteten Daten kumulieren, das heißt, sie wachsen linear mit der Zeit an und werden begrenzte Ressourcen ausschöpfen. Auch in dieser Hinsicht muss eine offene Erweiterung des Systems möglich sein. Die Entscheidung, ob der der Datenbank zugrundeliegende Speicher erweitert wird oder Teile der Datenbank auf andere Massenspeichersysteme ausgelagert werden, ist eine Frage der Implementierung.

5.2.1.2 Netzwerktopologie

Die organisatorische, logische und räumliche Verteilung der Prozesse benötigt eine physikalische und logische Grundlage zum Datenaustausch. Diese wird durch physikalische und logische Netzwerke, möglichst auf der Grundlage bestehender Standards (OSI, ISO) realisiert. In Form öffentlicher Kommunikationsnetze und des IT- Verbundes der bayerischen Landwirtschaftsverwaltung ist eine funktionsfähige Netzwerkinfrastruktur vorhanden, innerhalb der die Kommunikationswege für das agrarmeteorologische Datenmanagementsystem angelegt werden können (Abbildung 5-19).

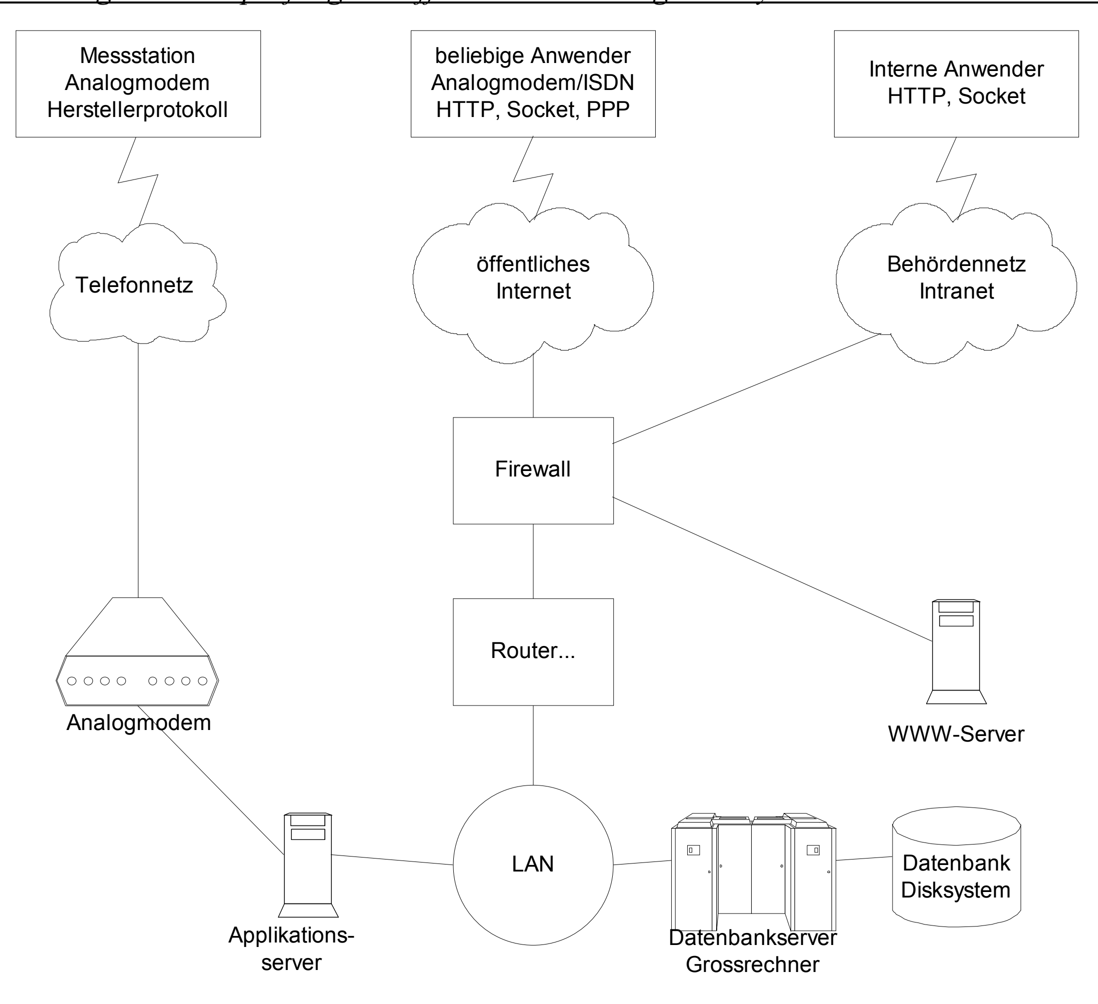


Abbildung 5-19: Netzwerktopologie

Die konkreten Komponenten und Kommunikationswege zeigt Abbildung 5-20. Dabei sind die abgeschlossenen Bereiche des lokalen Netzes (z.T. TCP/IP basierend, z.T. IBM Token-Ring-Netzwerk) im rechten unteren Bildteil, der Intranetbereich rechts oben und der Internetbereich oben in der Mitte dargestellt. Extranetbereiche (also nichtöffentliche Teilnehmer, die räumlich außerhalb, organisatorisch jedoch innerhalb des Systems angeordnet sind) sind auf der linken Bildhälfte zu finden. Auch die organisatorische Trennung in Betreiber und Anwender und Rechenzentrum kann der Darstellung entnommen werden.

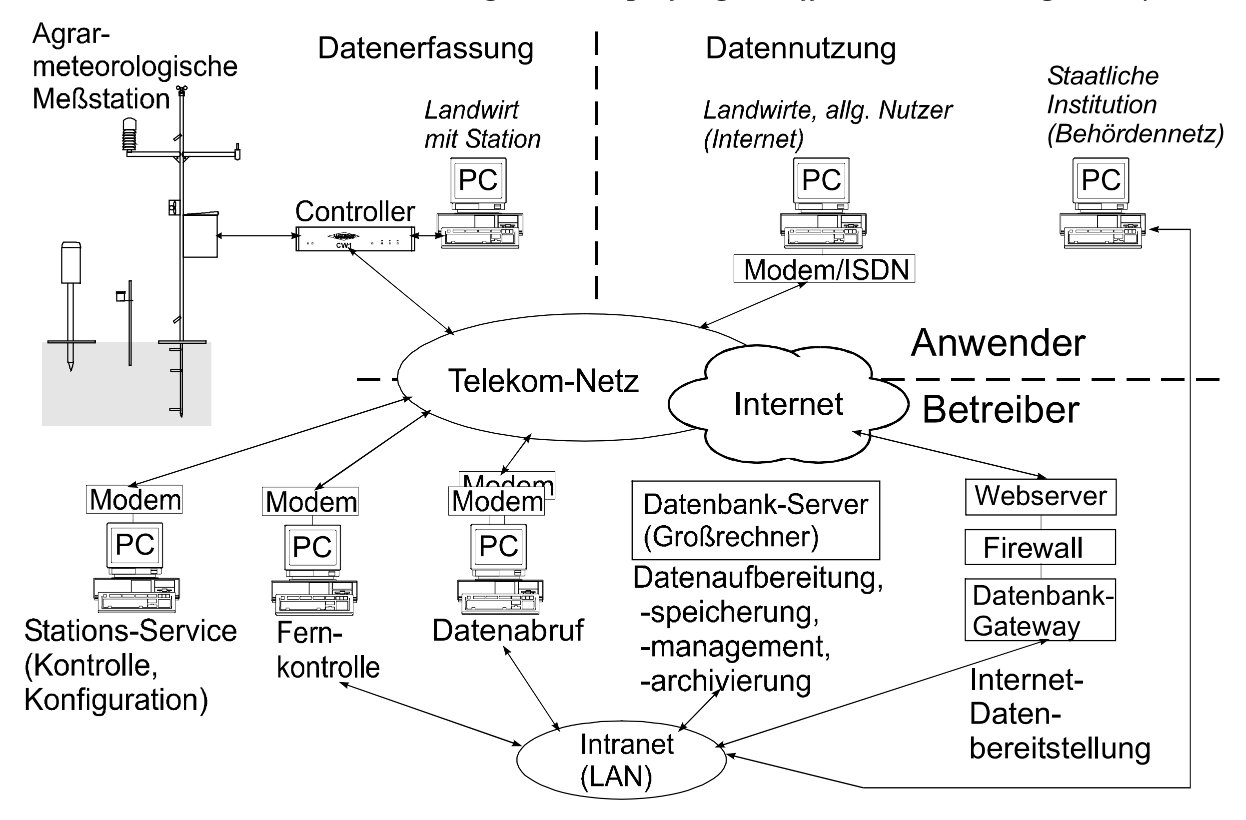


Abbildung 5-20: Topologische Darstellung der Komponenten des Datenmanagementsystems

5.2.2 Teilprojekte

Bereits bei der Erarbeitung des Fachkonzeptes wurde eine auf der Funktionalität beruhende Aufgabenteilung deutlich. Daher bietet sich die Zerlegung in drei Teilprojekte an:

- Datenabruf,
- Datenprüfung,
- Datenbereitstellung.

Aus Entwicklersicht können aus dem Gesamtkonzept heraus alle Teilprojekte auf der Basis des gemeinsamen Daten- und Funktionsmodells unabhängig voneinander realisiert werden.

5.2.2.1 Datenabrufsystem

Das Abrufsystem realisiert die Schnittstelle zwischen Messdatenbank und Messstation. Von der temporären Zwischenspeicherung der Messdaten vor Ort (im Datenlogger) für einen Zeitraum von mehr als einem Tag kann ausgegangen werden. Das Abrufsystem betrachtet die Datenlogger daher als Datenserver, auf die es als Client zugreifen kann. Auf der Datenbankseite ist es ebenso ein Client, der auf einen entfernt im lokalen Netzwerk angeordneten

Server zugreift. Die eigentliche Anbindung der Messstation an das Abrufsystem ist entwicklungsbedingten Unterschieden unterworfen. Feststehende Parameter sind eine standardisierte serielle Schnittstelle RS232C und ein nichtstandardisiertes herstellerabhängiges Übertragungsprotokoll. Weder als standardisiert noch als zeitlich feststehend aufzufassen ist die Art der Vernetzung mehrerer Stationen und die Überwindung größerer Distanzen zwischen Messstation und Zentraldatenbank. Daher sind alle mit diesen Schnittstellen kommunizierenden Teilprozesse offen zu gestalten, insbesondere modular und austauschbar. Abbildung 5-21 zeigt die notwendigen Module für das Datenabrufsystem, deren Aufgaben im einzelnen wie folgt definiert sind:

- Die Bedienerschnittstelle soll nur von Administratoren zur groben Programmsteuerung und -kontrolle verwendet werden. Das Gesamtprogramm muss vollautomatisch ablaufen, Interaktionen mit der Bedienerschnittstelle dürfen diesen Ablauf nicht unbewusst beeinträchtigen. Es bietet sich die Nutzung einer Windows-basierten Benutzerschnittstelle an, die nachrichtenorientiert arbeitet und an bekannte ergonomische Standards angelehnt werden kann [66].

- Das Programmsteuermodul löst zeitgesteuert oder ereignisgesteuert (Benutzerinteraktion über Bedienschnittstelle oder die Programmsteuertabelle der Datenbank) Datenabrufe bzw. Abrufserien aus und überwacht die Bereitschaft der Verbindungen zu Datenbank und Messstationen.

- Das Ablaufsteuermodul steuert in Abhängigkeit der Zustände der Datenfernübertragung, bisher erfolgter Datenabrufe und konkurrierender Module die Übertragung der Messdaten von Einzelstationen zur Datenbank. Als Informationsquelle und zur Synchronisation wird die Ablaufsteuertabelle verwendet.

- Das Modem-Abfrage-Modul realisiert die DFÜ-Verbindung für eine Station und sorgt für die geordnete Zwischenspeicherung der über die Schnittstellenmodule bereitgestellten Messdaten. Eine direkte Einspeisung der Daten in die Datenbank muss auf Grund der unterschiedlichen Reaktions- und Antwortzeiten der angeschlossenen Module und der DFÜ und zur Optimierung der Übertragungszeiten vermieden werden.

- Das Schnittstellenmodul fragt die gewünschten Daten und evtl. verfügbare Zusatzinfor-

mationen vom Datenlogger der Messstation ab, prüft die Vollständigkeit und syntaktische Richtigkeit, formatiert sie und stellt sie den weiteren Modulen bereit.

- Das Datenbanklademodul trägt die zwischengespeicherten Informationen in die Datenbank ein und überwacht die ordnungsgemäße Abarbeitung der Datenbank-Transaktionen.

- Das Modul zur Dokumentation und Fehlerkontrolle schreibt ein Logbuch über Erfolg und Misserfolg der Aktionen aller Module und organisiert eventuell Notprogramme zum geordnetem Programmabbruch oder zur Ressourcenfreigabe. Das Logbuch soll zur Ermittlung statistischer Daten über die Softwarequalität geeignet sein.

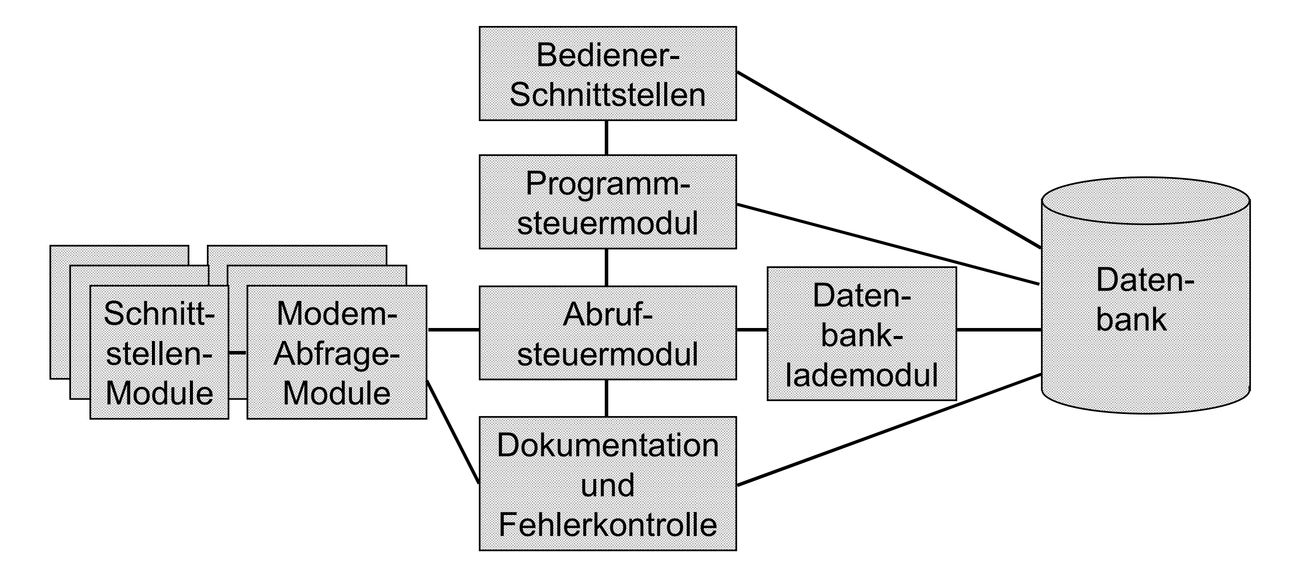


Abbildung 5-21: Module des Datenabrufsystems

Zur Optimierung der Dauer der Datenübertragung von allen Stationen in die Datenbank sind die Module oder das Gesamtprogramm skalierbar auszulegen, damit mehrere Verbindungen zwischen Datenbank und Messstation gleichzeitig stattfinden können. Die Schnittstellen zwischen den Modulen sind so zu gestalten, dass die Skalierung durch Parallelisierung von Prozessen auf einem Rechner oder durch Verteilung auf verschiedene Rechner möglich ist. Da die geforderten Aufgaben einzeln einen PC nicht bis zur Leistungsgrenze belasten und die Anforderungen an Systemsicherheit und Stabilität nicht so hoch sind, dass mehrere (Hardware-)Systeme redundant parallel betrieben werden müssen, wird das Programm durch mehrere parallel arbeitende Tasks realisiert. Voraussetzung dazu ist ein Multitasking-Betriebssystem, das geeignete Schnittstellen zum Datenbankserver bereitstellt (vgl. Kap. 4.3).

5.2.2.2 Datenprüfung, Kontrolle, Wartung

Das System zur Datenprüfung ist ein Client-Programm, das im 10-Minuten Raster erfasste Rohdaten vom Datenbankserver nach mehrstufigen Prüfkriterien, die zum Teil ebenfalls vom Datenbankserver bezogen werden, beurteilt. Nach erfolgter Prüfung werden die geprüften Daten oder Informationen über fehlgeschlagene Prüfungen sowie zeitlich zu Stunden- und Tagesdaten zusammengefasste Daten an den Server zurückgegeben. Die Synchronisation des Prüfprogramms mit dem Abrufsystem geschieht über die Datenbankschnittstelle. Das Programm kann somit an beliebiger Stelle im LAN auf einer beliebigen Zielplattform implementiert werden. Voraussetzung dazu ist die Verwendung einer offenen Programmiersprache sowie einer standardisierten Programmschnittstelle zum Datenbankserver. Die fachlichen Anforderungen erfordern folgende Prüfungen auf:

- Statisches Einhalten von sensorabhängigen Toleranzbändern (Einzelwerte),
- Einhaltung von dynamischen Toleranzbändern (aufeinanderfolgende Werte),
- Einhaltung von Abhängigkeiten korrelierender Werte unterschiedlicher Messgrößen,
- Übereinstimmung von großräumig ähnlichen Daten benachbarter Stationen,
- Einhaltung von Erfahrungswerten (langjährige Mittel etc.).

Damit ergeben sich verschiedene Vergleichsdatenquellen:

- Sensorabhängige Grenzwerte,
- Witterungsdaten aus der Vergangenheit,
- Momentandaten benachbarter Sensoren,
- Momentandaten gleichartiger Sensoren von örtlich benachbarten Stationen,
- Langjährige Klimadaten.

Treten bei der Prüfung Zweifel oder Fehler auf, sind entsprechende Hinweise für die Administratoren des Messnetzes bereitzustellen.

Zur Kontrolle und Wartung des Systems müssen Schnittstellen vorhanden sein, die jederzeit Betreiber und Entwicklern einen Zugriff auf Systemzustände und Daten erlauben. Solange der direkte Fernzugriff auf die Datenbank, zur Steuerung der Client-Programme oder zur

Kontrolle der Logbuchaufzeichnungen durch alle am Messnetzbetrieb partizipierten Organisationen nicht möglich ist, muss eine Schnittstelle geschaffen werden, die diese Administratoren-Zugriffe z.B. per Modem realisiert. Prinzipiell kann ein solches System aus angepassten Komponenten des Abrufsystems abgeleitet werden.

5.2.2.3 Datenbereitstellung

Vor der entgültigen Festlegung des Verfahrens für die Online-Datenbereitstellung im Internet wurden die im Bereich der Messdatenbereitstellung nutzbaren und verbreiteten Möglichkeiten und Alternativen untersucht.

- **Datenzugriffsverfahren**

Zum ersten musste Klarheit über die inhaltliche Gestaltung des Datenzugriffs geschaffen werden. Als Auswahlkriterium konnten die Zugriffsaktivitäten auf das bisherige Bereitstellungssystem herangezogen werden. Daran zeigte sich, dass sowohl der Bedarf an aktuellen Daten (also aus der jüngsten Vergangenheit) als auch an historischen Daten besteht. Es wurden sowohl Stundendaten als auch Tageszusammenfassungen abgefragt. Auch waren sehr große Unterschiede in der gewünschten Datenmenge zu verzeichnen.

Damit muss das zukünftige Datenbereitstellungssystem über eine interaktive Benutzerschnittstelle verfügen, die unterschiedliche Datensichten erlaubt und trotzdem das schnelle Auffinden von Messdaten mit variablen Auswahlkriterien erlaubt. Das Anbieten vorgefertigter Berichte scheidet auf Grund der nicht mehr überschaubaren Vielfalt aus. Auswahlkriterien sind:

1. geografischer Messort,
2. physikalische Messgrößen und Messorte an der Station,
3. Messzeitraum
4. zeitliche Auflösung der Messreihen.

Die Realisierung der Informationsbereitstellung für diese interaktive Auswahl kann auf zwei grundverschiedenen Wegen erfolgen:

- Alle verfügbaren Daten werden entsprechend dem Anwenderwunsch zum Anwender übertragen und dort zyklisch aktualisiert (lokale Datenspiegelung).

- Für jede Anwendung lädt der Anwender nur die gerade dafür benötigten Daten vom zentralen Datenbankserver herunter (Online-Abruf).

Die erste Möglichkeit hat Vorteile in der Übertragungszeit, wenn mehrmals auf bestimmte Datenbereiche zugegriffen werden soll. Die Nachteile der Variante liegen im Ressourcenverbrauch zur lokalen Datenhaltung und der hohen Redundanz der Daten. Außerdem ergibt sich ein zusätzlicher Aufwand zur Synchronisation der Daten. Die zweite Variante erlaubt die höchste Variabilität, da immer alle auf dem Server verfügbaren Daten aktuell abrufbar sind. Der Nachteil liegt bei wiederholtem Bedarf an bestimmten Daten in dem wiederholt nötigen Zugriff auf die Datenbank per Datenfernübertragung. Eine günstige Lösung ist die Verwendung der zweiten Variante auf der Dienstanbieterseite und eine selektive lokale Datenspiegelung, die durch bestimmte Anwendungsprogramme selbst realisiert wird, wenn diese Programme oft wiederholte Datenzugriffe erzeugen.

- **Dezentrale Online - Datenbereitstellung**

Grundsätzlich muss der bisherige Nutzerkreis mindestens einen qualitativ gleichwertigen Datenzugriff erhalten, wie ihn die bisherige Btx-Lösung erlaubte. Die weitere Nutzung des Übertragungskanals Btx wird aus den oben genannten Überlegungen abgelehnt. Da der ehemalige Btx-Dienst der Post mit dem Internet-Basierenden T-Online-Dienst gekoppelt ist, sind die infrastrukturellen Voraussetzungen zur Nutzung einer internetbasierenden Datenbereitstellung für die bisherigen Anwender erfüllt. Eine Alternative zum Internet wäre eine Mailbox-Basierende Lösung, bei der der Anwender als Client mit seinem PC per Modem direkt auf den Server des Datenanbieters zugreift (Bulletin Board System, BBS, vgl. Kap. 2.1.2.2). Solche Systeme werden zwar noch oft für Datenbereitstellungen an autorisierte Nutzerkreise verwendet, stellen aber aus verschiedenen Gründen eine ungünstige Lösung dar:

- Der Betreiber muss entsprechend der erwarteten gleichzeitigen Nutzungen ausreichend viele Zugänge bereitstellen.
- Die Systeme sind nicht stark verbreitet und haben daher keine allgemein bekannte Benutzerführung.
- Die Technologie ist durch die Möglichkeiten und die weite Verbreitung des Internet und WWW in vielen Kriterien überholt.

Für die Datenbereitstellung im Internet gibt es eine Reihe von Möglichkeiten, die durch die oben genannten Anforderungen für den Datenzugriff auf interaktive, variable Systeme mit verbreiteter grafischer Benutzerschnittstelle eingeschränkt werden. Als technische Grundlage und damit Basis für die strukturelle Gestaltung der Benutzerschnittstelle kann der WWW-Browser ohne plattformabhängige Zusatzelemente festgelegt werden. Dann wird die konkrete Dialog-Schnittstelle zum Witterungsdatenabruf in Form vom HTML-Seiten mit Formatelementen realisiert (dynamische WWW-Seiten). Zur Erzeugung der Antwort auf die über das Formular gestellte Anfrage gibt es mehrere Alternativen, von denen Folgende am weitesten verbreitet sind:

- Datenbanksysteme mit integrierter WWW-Schnittstelle,
- WWW-Server mit Komponentenschnittstelle,
- Standard-Gateways (CGI).

Die erste Variante ist immer herstellerspezifisch, unterstützt meist keine Standards oder Standard-Schnittstellen und ist damit nicht für ein offenes System anwendbar. Die zweite Möglichkeit findet relativ weite Verbreitung, ist jedoch auch an bestimmte Systeme oder Hersteller gekoppelt (z.B. ASP - Active Server Pages von Microsoft [135], Scriptsprache PHP [105]). Die einzige wirklich offene Lösung bietet die Verwendung von Standard-Gateways, von denen das Common Gateway Interface (CGI) für jeden WWW-Server verfügbar ist. In Verbindung mit offenen Programmiersprachen (z.B. C, Java) und standardisierten Datenbankverbindungen (ODBC, SQL) kann so gut eine offene Lösung geschaffen werden.

- **Datenformate**

Entsprechend den Hauptanwendungsgebieten für die angeforderten Witterungsdaten werden in erster Linie Zeitreihen benötigt. Diese werden in Form von Tabellen bereitgestellt. Da es jedoch keinen ausschließlichen Standard zur Übertragung von Tabellen gibt, sollen die am meisten verbreiteten Datenformate unterstützt werden. Der Umfang der Daten und die verfügbare Bandbreite der Datenfernübertragung lassen es zu, die Messreihen als Text nach dem ASCII-Standard anzubieten. Die Trennung der einzelnen Tupel (Zeilen) der Tabelle wird Industriestandard-Konform durch Zeilenschaltungszeichen realisiert. Die Trennung der Attribute ist nicht so eindeutig festgelegt. Verschiedene Applikationen bevorzugen unter-

schiedliche Formate. Die wichtigsten sind:

- Trennung der Attribute durch Tabulatorzeichen,
- Trennung der Attribute durch festgelegte Zeichen (Delimiter), Character separated values CSV, als Trennzeichen dient meist ein Semikolon „;“,
- feste Position der Attribute und auffüllen der Zwischenräume durch Leerzeichen.

Tabulator-getrennte Daten werden von den meisten Büroanwendungen und Statistik-Systemen akzeptiert. CSV-Dateien werden als „Standard“- Import- Exportschnittstelle von fast allen Datenbanksystemen und Tabellenkalkulationsprogrammen akzeptiert. Feste Positionen bieten ein klares optisches Bild und einfache Zugriffsmöglichkeiten für höhere Programmiersprachen. Die Reihenfolge der Messwerte und die Einbindung von Attributinformationen (Data-Dictionary) sind nicht festgelegt. Verbreitet ist die Nutzung einer Kopfzeile, in der die Attribute, genauso wie die Werte formatiert, aufgelistet werden oder zusätzliche Beschreibungsdateien, aus denen neben der Zuordnung Attribut-Dateiposition auch noch weitere Informationen wie Maßeinheiten hervorgehen können.

Matrizen aus Binärdaten wären kompakter und könnten auch mit höherer Auflösung angeboten werden, doch ist die Auflösung bereits durch die Genauigkeit der Sensoren festgelegt; damit ergibt sich kein Vorteil. Auch hier können Data-Dictionary-Informationen nicht direkt weitergegeben werden. Da es kein plattform- und applikationsübergreifendes binäres Datenformat gibt, ist es nicht sinnvoll, binäre Daten zur Verfügung zu stellen.

Als Übersichtsinformationen sind nicht nur Dateien anzubieten, sondern eine Ausgabe von Tabellen auf dem Bildschirm vorzusehen. Vorteilhaft ist die Bereitstellung einiger Daten als Grafik von verschiedenen Messgrößen über die Zeit. Als Eingangsgrößen für Prognosesysteme und für die Weiterverarbeitung in wissenschaftlichen Anwendung ist eine derartige Präsentation aber nicht vorrangig nötig.

5.3 Implementierung des offenen Datenmanagementsystems

5.3.1 Datenbasis

Im Kapitel 4.2 sind die verwendeten Datenbankmanagementsysteme und ihre Hard- und Softwareumgebung beschrieben. Das prinzipielle Datenmodell wurde im Rahmen der Definitionsphase in diesem Kapitel vorgestellt. Das detaillierte Data-Dictionary für die unter DB2 realisierte und getestete Implementierung findet sich in der Systemdokumentation [82]. Die Datendefinition fand unter Nutzung der standardisierten SQL-Elemente zur Datenbeschreibung (SQL-DDL) statt. DB2 bietet die Möglichkeit, nach der Datendefinition in den systemeigenen Repository-Tabellen beschreibende Zusatzinformationen zum Data-Dictionary mit Hilfe von Datenmanipulationskommandos zu speichern. Damit ist der aktuelle Status des Data-Dictionary jederzeit durch Datenbankabfragen abrufbar. Tabelle 5-2 gibt eine Übersicht über die eingesetzten Entitäten und deren Verwendung.

Tabelle 5-2: Entitäten und deren Verwendung in der agrarmeteorologischen Datenbank (Erläuterung Zugriff: A=Abruf, B=Bereitstellung, P=Prüfung, W=Wartung)

Gruppe	Entität	Attribute	Inhalt	Zugriff
Steue-rung	CNLOG	19	Steuerung Plausibilisierung	P
	CNPAR	7	Programmsteuerung Datenabruf	A,P
	CNREP	5	Kurzübersicht Online-Daten	P
	CNRLOG	19	Aktueller Stationsstatus	P
	CNS01	47	Tagesstatistik Standardsensordaten	P
	CNVLR	8	Steuerung Datenabruf	A,P
	CNWS	9	Steuerung Datenselektion	W
Be-schrei-bung	DSCNVLR	3	Beschreibung Datenabrufsteuerung	A
	DSDIST	9	Entfernung und Richtung zwischen allen Stationen	P,B
	DSLOGC	13	Status der letzten Datenabrufe	A,P
	DSMAPS	8	Zuordnung Stationslage zu Gebietskarten	B
	DSLOGR	18	Bewerteter Status der Stationsabrufe	P
	DSSCONF	12	Stationsbezogene Sensorzuordnung	A,P

Gruppe	**Entität**	**Attribute**	**Inhalt**	**Zugriff**
	DSSTAT	19	Stationslage und Beschreibung	P,B
	DSSTYP	15	Sensordefinition	A,P,B
	DSVLERR	3	Beschreibung Stations- und Übertragungsfehler	A,P,W
	HSSTAT	19	Kopie DSSTAT für abgebaute Stationen	
Mess-daten	VLD01	32	Tagesmittel- bzw. Summenwerte und Extrema (Standardsatz)	P,B
	VLD02	10	Tagesmittel- bzw. Summenwerte und Extrema für Sondersensoren	P,B
	VLERR	5	Fehler Datenabruf	A
	VLH01	12	Stundenmittel- bzw. Summenwerte (Standardsatz)	P,B
	VLH02	4	Stundenmittel- bzw. Summenwerte für Sondersensoren	P,B
	VLMSG	11	Fehler Datenprüfung	P
	VLM01	12	Plausibilisierte 10-min-Werte, Standardsatz	P,B
	VLM02	5	Plausibilisierte 10-min-Werte, Sondersensoren	P,B
	VLR01	13	Rohdaten 10-min-Werte, Standardsatz	A,P
	VLR02	4	Rohdaten 10-min-Werte, Sondersensoren	A,P
	VLS01	13	Status Plausibilitätsprüfung Standarddatensatz	P

Für die Gruppe der Messdaten wurden Optimierungsmaßnahmen für die Datenorganisation nötig, da pro Jahr ca. 6.3 Mio. Rohdatensätze mit 10 Messwerten plus Zeitstempel, fast ebenso viele 10-Minutendatensätze, 1.3 Mio. Stundendatensätze und 44.000 Tagesdatensätze aufgezeichnet werden. Alle Daten sollen in der Datenbank enthalten bleiben. Die so erzeugte und ständig wachsende Datenmenge muss bereits bei der Erstellung der Datenbank besondere Beachtung finden. Die Massendaten-Tabellen werden jeweils mit einem Tabellen-Index auf der Basis des Zeitstempels und der Messstationsnummer versehen. Damit ist einerseits ein schneller Zugriff möglich, andererseits wird die unerlaubte Redundanz von Tupeln verhindert. Das verwendete Datenbankmanagementsystem bietet die Möglichkeit, partitionierte Datasets zu erzeugen, also Daten physikalisch in Blöcken abzulegen. Grundlage dafür ist der Tabellen-Index, der im konkreten Fall dazu genutzt wird, pro Jahr einen neuen Datensatz zu erzeugen. Damit wird das Auffinden der Daten weiter beschleunigt und das

Auslagern alter Daten auf langsamere Massenspeicher vereinfacht. Ab einem gewissen Alter (10 Jahre) werden die Segmente auf externe Speichermedien ausgelagert. Damit verlängert sich zwar die Zugriffszeit auf diese Messdaten, für den Anwender bleibt der Zugriff aber völlig transparent.

Zusätzlich zu den Tabellen wurde eine Reihe von Sichten implementiert, die den Zugriff für Programme optimieren und bestimmte Daten formatieren. Mit ihrer Hilfe können komplexe Abfragen vereinfacht und sicherer gestaltet werden.

5.3.2 Datenabruf

Die Aufgabe des Abrufsystems ist die zeit- und ereignisgesteuerte, fehlertolerante und vollautomatische Abfrage aller verfügbaren Messdaten von den Datenloggern der Stationen und deren Ablage in der Datenbank.

Die Organisation des Messnetzes entspricht einem Stern, in dessen Zentrum sich das Datenabrufsystem befindet und an den Außenknoten die Datenlogger. Das Datenabrufsystem als Zentrum des Stern-Netzes wird im diesem Abschnitt im folgenden vereinfacht als Zentrale bezeichnet. Da auf Grund der großen räumlichen Entfernung die direkte Verbindung zwischen Zentrale und Knoten nicht möglich ist, werden öffentliche Kommunikationsnetze als Übertragungsmedium verwendet. Die Nutzung von Standleitungen scheidet aus wirtschaftlichen Gründen aus, also wurden zeitweise geschaltete Punkt zu Punkt Verbindungen verwendet. Aus den fachlichen Anforderungen geht hervor, dass die Messdaten aller Stationen einmal täglich abgerufen werden müssen und die Dauer dieses Abrufes ca. eine Stunde betragen darf. Die verwendeten Datenlogger besitzen keine Schnittstelle, mit der sie direkt an ein Kommunikationsnetz angeschlossen werden können. Daher wurden Modems auf der Basis von Wählverbindungen im (Sprach-)Telefonnetz als Verbindungsglieder eingesetzt. Das im Datenlogger implementierte Übertragungsprotokoll erlaubt den Direktanschluss eines Modems nicht. Auch die Forderung des Betreibers, dass der Betreuer der Messstation die Möglichkeit zum (kostenlosen) Zugriff auf den Datenlogger haben muss, macht die Installation einer zusätzlichen Komponente als intelligente Weiche zwischen Datenlogger, Zentrale und Betreuer nötig.

Die Weiche wurde so ausgelegt, dass sie die Mängel im Übertragungsprotokoll im Bezug auf

die Datenfernübertragung kompensiert. Diese Komponente wurde durch den Controller für Wetterstationen CW1 der Landtechnik Weihenstephan realisiert [159]. Das CW1 vereint einen Micro-Controller mit Speicher für ca. 5 Messtage und 3 Schnittstellen mit einem Standard-Modem [96]. Es ruft selbständig zu einem frei definierbaren Zeitpunkt die Daten vom Datenlogger ab, formatiert sie und legt sie in definierter Reihenfolge ab. Es kann von einem Modem angerufen werden und über diese Schnittstelle konkret angeforderte Datenbereiche ausgeben. Andererseits realisiert es eine transparente Verbindung zwischen Stationsbetreuer und Messstation. Als zusätzliche Option ist auch das Versenden geprüfter Daten von der Zentrale zum Stationsbetreuer möglich. Eine weitere wichtige Option besteht in der Ablage eines ständig verfügbaren Abbildes der Sensorkonfigurationsinformation. Diese Information ist bei dem verwendeten Loggertyp auf dem PC des Betreuers innerhalb des Programms FMA-PC abgelegt, und wäre damit für die Zentrale eigentlich nicht online verfügbar. Durch die Übertragung in den Controller wurde die geordnete Ablage der Sensordaten im CW1 und die Weitergabe dieser Zuordnungstabelle an die Zentrale ermöglicht. Das sich so ergebende Datenmodell für die Messdaten (Rohdaten) und die Sensorzuordnung zeigt Abbildung 5-22, in dem in das allgemeine Modell (vgl. Abbildung 5-17) die dezentralen Komponenten integriert wurden (in der Abbildung oben dargestellt). Mit Hilfe dieser Hard- und Software wurde eine ständig verfügbare Schnittstelle zwischen Zentrale und Knoten implementiert.

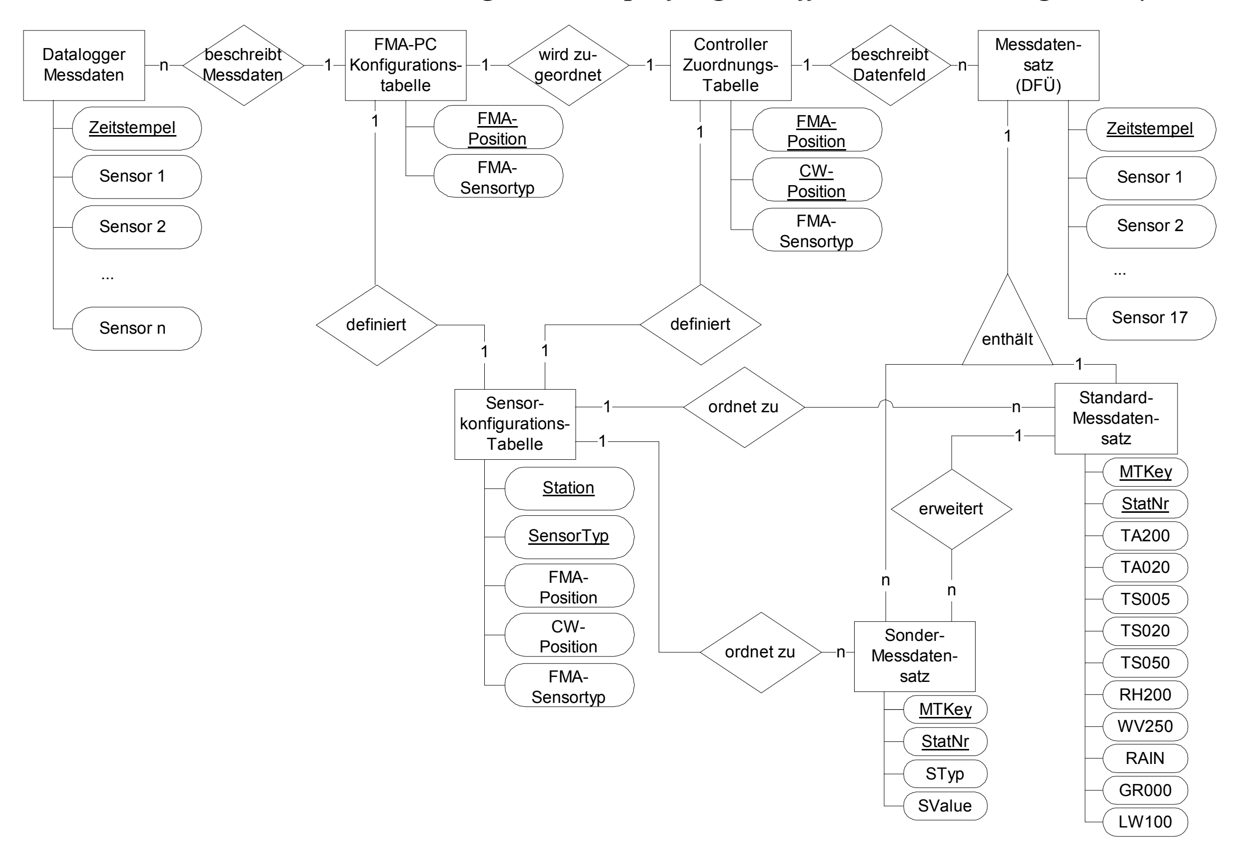


Abbildung 5-22: ERM der Zuordnung der Messdaten zu den Erfassungsorten mit Hilfe vor Ort gespeicherter Daten und der Sensorkonfigurationstabelle für die Implementierung mit FMA86 und Controller CW1

Die Abrufsoftware wurde als Multithread-Programm in der Programmiersprache C realisiert und auf einem IBM-PC unter dem Betriebssystem OS/2 implementiert. Threads (deutsch: „Fäden“) sind in sich geschlossene Programmfunktionen, die parallel ausgeführt werden können. Die eigentlichen Programmaufgaben laut Fachkonzept können leicht in plattform-unabhängigen Funktionen innerhalb von Threads realisiert werden. Dagegen ist die Implementierung der Threadsteuerung, der Thread- und Datensynchronisation und der Ansteuerung der seriellen Schnittstellen stark systemabhängig. Deshalb wurde die Software konsequent modularisiert und der Versuch unternommen, Daten und Funktionen gemeinsam zu kapseln (Objektorientierung). Somit sind die Module leicht austauschbar und an andere Systemumgebungen anzupassen. Die Realisierung mit Hilfe des Multithreading hat den Vorteil, dass die Threads gemeinsame Speicherbereiche verwenden können und das Betriebssystem ohne großen zusätzlichen Leistungsbedarf für Datenbewegungen und Synchronisation die Verteilung der Last übernimmt. Die Programmschnittstelle zur Datenbank wurde auf Hochsprach-Niveau unter Verwendung von eingebetteten SQL Anweisungen realisiert

(embedded SQL). Die eigentliche Anbindung an das Datenbankmanagementsystem übernehmen Bibliotheksfunktionen sowie Precompiler- und Binder-Programme, die zur Entwicklungsumgebung des Datenbankmanagementsystem gehören.

Entsprechend dem methodischen Ansatz wurden vor dieser Implementierung Prototypen geschaffen, die die wichtigsten Funktionalitäten stufenweise realisierten und schrittweise Tests und Untersuchungen ermöglichten. Dabei durchlief das Programmsystem „wdb“ (Wetter-Daten-Bank) folgende Hauptentwicklungsstufen:

- wdb1: Realisierung der Modemverbindung zum Controller CW1, kumulierende Datenablage in sequentiellen Dateien; singlethread Programm.
- wdb2: Erweiterung um Datenbankverbindung (lokale Datenbank), mehrere serielle Schnittstellen werden bedient; multithread Programm.
- wdb3: Verwendung eines (fernen) Datenbankservers, Erweiterung um grafische Administrator-Bedienschnittstelle, vollautomatischer und fehlertoleranter Betrieb; Client-Server-Architektur.

Abbildung 5-23 zeigt die Struktur des Abrufprogramms wdb3. Der Thread 0 wird beim Programmstart aufgerufen und aktiviert die weiteren Threads. Dabei wird Thread 1 als Administrator-Bedienoberfläche immer gestartet und bleibt über die gesamte Laufzeit aktiv. Innerhalb des Thread 0 wird anhand der Steuertabellen und eventueller Administratoreingaben ermittelt, welche Aufgaben anstehen und dementsprechend durch Aktivierung der Threads 2 bis 4 reagiert. Dabei wird Thread 2, das DFÜ-Modul (Modemmodul), so oft aktiviert, wie serielle Schnittstellen mit angeschlossenen Modems zur Verfügung stehen. Alle Instanzen von Thread 2 liefern die abgerufenen Messdaten in einen gemeinsamen Pufferspeicher, der als verkettete Liste von Objekten mit last in first out (LIFO) Organisation aufgebaut ist. Die Messdaten werden vom Modemmodul als Objekte zusammengefasst und in diesen Speicher in ihrer ursprünglichen Reihenfolge verkettet eingetragen. Diese Messdatenobjekte für eine Messstation werden wiederum verkettet und bilden eine Art Datenwerteschlange. Thread 3 als Datenbankmodul entnimmt die Messdatenobjekte aus der Datenwarteschlange, „fädelt“ die einzelnen Datentupel von der Kette und trägt sie in die Datenbank ein. Diese Vorgänge spielen sich asynchron ab, da die Datenfernübertragungszeiten und auch die Zeiten für den Datenbankeintrag auf Grund eventueller Datenvolumenunterschiede und

Übertragungsstörungen variieren können. Daher wurde eine Synchronisationsfunktion auf der Basis von Semaphoren implementiert, die dafür sorgt, dass die Daten und deren Ordnung durch parallele Schreibvorgänge nicht verfälscht werden können. Außerdem ist so eine beliebige Skalierbarkeit aller Datenlese- und Schreibvorgänge gewährleistet. Thread 4 erlaubt zusätzlich zum Datenabruf den umgekehrten Weg: am Vortag geprüfte Messdaten (Sekundärdaten) können bei Bedarf zum Wetterstationscontroller des Stationsbetreuers übertragen werden, der dann die Möglichkeit besitzt, mit diesen gesicherten Messdaten zu arbeiten.

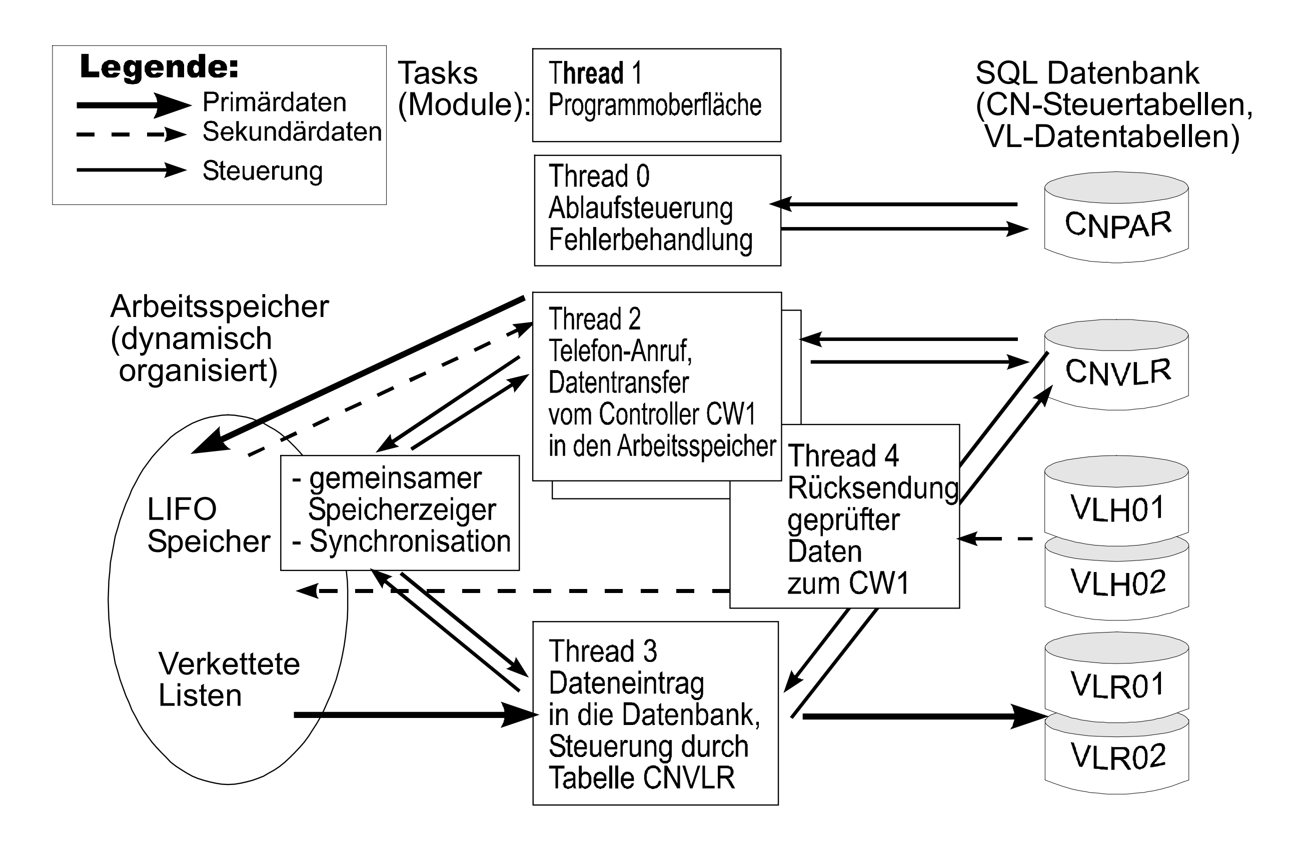


Abbildung 5-23: Struktur und Datenfluss des Datenabrufprogramms "wdb3"

Mit Hilfe der Abrufsteuertabelle können beliebig viele Datenabrufe pro Tag zu genau definierten Zeiten mit genau definierten Aufgaben in Auftrag gegeben werden. Die Aufgaben, die zusätzlich zum eigentlichen Messdatenabruf stattfinden können, sind:

- Synchronisation der Zeitbasis von Datenlogger, Controller CW1 und Abfragesystem,
- Abfrage oder Änderung der Sensorkonfigurationsinformation im Controller CW1,
- Änderung der Datensynchronisationszeit des Controllers CW1.

Ein Anruf der Messstation wird als Transaktion zusammengefasst. Die Abrufsteuertabelle dient hier als gemeinsame Schnittstelle und ermöglicht das kontrollierte Aufsetzen aller an Datenabruf und –prüfung beteiligten Programme sowohl im Normalbetrieb als auch im Fehlerfall.

Weitere Programmoptionen, die permanent für alle Übertragungskanäle und Messstationen gelten, können mit Hilfe einer Konfigurationsdatei eingestellt werden. Die genauen Optionen sowie der Ablauf des Programms, der detaillierte Aufbau der Datenstrukturen und die implementierten Funktionen des Programms wdb3 sind in der Systemdokumentation ausführlich beschrieben [82].

Hohe Aufmerksamkeit wurde bei der Implementierung auf den vollautomatischen Betrieb gerichtet. Alle wichtigen Ereignisse und registrierte Fehlerzustände werden protokolliert und außerdem als Zusammenfassungen in den entsprechenden Fehler- und Beschreibungstabellen der Datenbank abgelegt. Das Programm wurde in seinem Ablauf so sicher gestaltet, dass es mehrere Tage unbeaufsichtigt fehlerfrei betrieben werden kann, auch wenn vorhersehbare Kommunikations- oder Systemprobleme auftreten. Bei unvorhergesehenen erkennbaren Problemen versucht das Programm, per Modem eine Mitteilung an einen Administrator abzusetzen und führt je nach Herkunft und Häufigkeit des Problems einen Verbindungs-, Programm- oder Systemneustart durch, um das Abrufprogramm wieder zu stabilisieren. Beim Systemstart werden alle zum Datenabruf notwendigen Programme selbständig aktiviert.

5.3.3 Kontroll- und Wartungsfunktionen für Abrufsystem und Datenbank

Zusätzlich zu den oben genannten inneren Sicherheitskomponenten zur Realisierung des vollautomatischen Dauerbetriebes des Datenabrufsystems wurden Hilfsmittel zur manuellen Kontrolle und Steuerung implementiert. Um dem Betreiber und Administrator die Ausführung dieser Aufgaben unabhängig von seiner Anwesenheit am Standort der Hardware zu ermöglichen, wurden diese Hilfsmittel in Form eines Fernwartungssystems mit Modemschnittstelle realisiert. Der Ablauf des Fernwartungsprogramms entspricht einer Terminalsitzung, wobei durch das Programm keine Benutzer-Authentifizierung stattfindet. Sie kann bei Bedarf durch modeminterne Zugangsschutzmechanismen wie Passwort und Rückruf realisiert werden. Die einzelnen Administrations-Funktionen werden durch Kommandos

aktiviert, die evtl. durch Parameter genauer definiert werden können (Tabelle 5-3). Je nach Auswirkung, die eine Funktion auf das Datenabrufsystem haben kann, wird evtl. vor der Abarbeitung des Auftrages eine Authentifizierung verlangt. Gibt eine Funktion Antworten aus, werden diese an die Modemschnittstelle im Klartext (ASCII) weitergegeben. Einzige Ausnahme sind die Dateiübertragungsfunktionen GET und PUT, die eine Datenfernübertragung mit dem Industriestandard-Protokoll x-Modem erlauben.

Tabelle 5-3: Kommandos und Funktionen des Fernwartungsprogramms „wrlogin4“

Kommando	**Parameter**	**Funktion**
[DATEN * = Stundendaten * | ROHDATEN | TAG(?)DATEN | STUNDE(?)DATEN | MINUTE(?)DATEN]	Statnr + Benutzer + Kennwort + von + bis	Variable Messdatenbereitstellung für Wartungs- und Testzwecke, Prototyp einer Datenbereitstellungs- Mailbox
GET	(Verzeichnis +) Dateiname	Dateiübertragung vom Server (x-Modem Protokoll)
LOG	(1.Zeile + letzte Zeile) + (Dateiname)	Übermitteln (von Bereichen) der Abruf-Protokolldateien
PUT	(Verzeichnis +) Dateiname	Dateiübertragung zum Server (x-Modem Protokoll)
PROGSTAT	(Programmstatus)	Abfragen oder setzen des Abrufprogramm-Status
REBOOT	Authentifizierung	Auslösen eines Server-Neustarts
RUECKRUF	Telefonnummer	Anruftest für CW1-Wartung
[STATIST | TAGSTAT]	(Monat) + (Jahr) + (Ausgabe-Spaltenzahl)	Ausgabe der Übertragungsstatistik für Monat oder Tag
[STATUS | CNVLR]	SQL-Bedingung	Abfragen des Abrufstatus für alle Stationen oder laut Bedingung
SYSTEM	Systemkommando + Authentifizierung	Ausführen eines Systemkommandos oder Programms auf dem Server
TYPE	Dateiname	Zeilenweise Übertragung einer Textdatei
ZEIT	-	Ausgabe der Übertragungszeiten der letzten Stationsabrufe
ZIP *nach DATEN *	-	Ausgabe der Daten nicht als ASCII-Textfeld, sondern als komprimierte Datei per x-Modem

Eine Besonderheit stellt die Funktion „DATEN“ dar, die eigentlich die Implementierung

einer minimalen Datenbereitstellungsschnittstelle auf Kommandozeilenebene in Form einer Mailbox darstellt. Sie wurde jedoch aus Kapazitätsgründen nicht für den breiten Anwenderkreis verwendet, sondern diente dazu, für spezielle Anwendungsfälle variable Datenausschnitte bereitzustellen.

5.3.4 Datenprüfung und –zusammenfassung

Für die Prüfung der Messdaten wird oftmals der Begriff Plausibilisierung verwendet. Daher wurde das Programm von den Entwicklern „plausi“ benannt. Da eigentlich nicht definiert werden kann, wann Witterungsdaten plausibel sind, soll im Weiteren auf die Begriffe Plausibilisierung und Plausibilität verzichtet werden. Der Zweck der Datenprüfung ist das Herausfinden von definitiv falschen, offensichtlich verkehrten (also unlogischen) oder zweifelhaften und andererseits wahrscheinlich richtigen Messwerten. Das Ergebnis sind Fehlermitteilungen, Warnungen und Korrekturen oder Streichungen der Daten in den Messdatentabellen. Die hier nur beschriebenen Algorithmen zur Messdatenprüfung wurden von Meteorologen und Physikern definiert, entwickelt und auch implementiert [48, 147, 157].

Die Datenprüfung erfolgt grob betrachtet in drei Stufen. Zuerst werden aus allen Messdaten die mittlere Tagestemperatur und aus bekannten physikalischen und geografischen Größen Sonnenposition, Auf- und Untergang und Kulmination berechnet. Als zweites werden Einzelprüfungen der Sensoren vorgenommen. Strahlungswerte werden an den tagesaktuellen Sonnenauf- und Untergangszeiten und theoretischen Maximalwerten geprüft. Alle anderen Daten werden auf absolute Extremwerte entsprechend ihrem Datenblatt und auf relative, meteorologisch sinnvolle Extremwerte geprüft. Temperaturen werden gegenüber der mittleren Tagestemperatur und auf kurzzeitige Änderungen aufeinanderfolgender Messwerte (Sprünge, Ausreißer) untersucht. Die Luftfeuchte wird ähnlich den Temperaturen auf Kurzzeitfehler und zusätzlich bezüglich des Erreichens des nächtlichen Feuchtemaximums beurteilt. Dieses Kriterium wird auch für die Blattnässesensoren verwendet. Für die Niederschlagsmesser wird eine Intensitätsobergrenze geprüft (Beziehung zwischen Höhe und Zeitdauer des Niederschlagsereignisses). Auch Änderungen der Windgeschwindigkeit können, da es sich um 10-Minuten Mittelwerte handelt, nicht in beliebiger Höhe und Reihenfolge auftreten. Als dritte Teststufe werden mehrere Sensoren untereinander vergli-

chen. Dabei werden Blattbenetzung und Niederschlag und die einzelnen Temperatursensoren miteinander verglichen. Ziel bei allen vergleichenden Prüfungen ist nicht nur das Auffinden weiterer möglicher Fehler, sondern auch das Bestätigen oder Verwerfen der Ergebnisse der Einzelprüfungen.

Nach der Datenprüfung findet die zeitliche Zusammenfassung der Messwerte statt (Aggregation). Per Definition werden die Achsen für die Zeitzählung des Tages von 00:00:00 Uhr bis 23:59:59 festgelegt. Bezogen auf die 10-Minuten Daten bedeutet das einen Bereich von 00:00 bis 23:50 Uhr, auf Stundendaten 0 bis 23 Uhr und für Tagesdaten wird der aggregierte Wert auf 00:00:00 Uhr bezogen. Das heißt, immer wird der Beginn des betreffenden Intervalls zu seiner Benennung herangezogen. Für die Bildung von Stundenwerten muss mindestens ein gültiger 10-Minutenwert in dieser Stunde existieren, für die Bildung von Tageswerten müssen zu diesem Tag alle 24 Stundendaten vorhanden sein. Ein Auffüllen von Datenlücken findet in den Messdaten nicht statt, sondern muss für jedes Anwendungsprogramm gesondert vorgenommen werden. Das ist sinnvoll und nötig, da für unterschiedliche Anwendungen unterschiedliche Anforderungen an die Eingangsdaten gestellt werden. So kann es durchaus möglich sein, dass ein Prognosesystem zu bestimmten Tageszeiten keine Messwerte benötigt, um genau schätzen zu können, zu einer anderen Zeit jedoch so genaue Werte zur Verfügung stehen müssen, wie sie nicht per Extrapolation oder Interpolation aus lückenhaften Messdaten erzeugt werden können.

Das Datenprüf- und Zusammenfassungsprogramm wird von einem speziellen Steuerprogramm aktiviert, welches zyklisch die Datenabrufsteuertabelle nach den Einträgen erfolgreich abgeschlossener Datenabrufe durchsucht und daraufhin das eigentliche Prüfprogramm aktiviert.

Die Programme zur Datenprüfung und -zusammenfassung wurden analog zum Datenabruf in der Programmiersprache C erstellt, die Verbindung zur Datenbank basiert auf embedded SQL. Auch diese Programme stellen Client-Systeme dar, die auf dem Datenbankserver Datenabfragen durchführen, Daten eintragen oder aktualisieren.

5.3.5 Bereitstellungssystem

Auf Grund des Fach- und DV-Konzepts sind Inhalt und Technologie für die Implementie-

rung der Datenbereitstellung als Webserverapplikation festgelegt. Ein weiteres Kriterium bei der Implementierung der Benutzerschnittstelle war das enorm schnelle Entwicklungstempo im Bereich Internet-Technologie, das laufend Änderungen in verschiedenen Bereichen vorzeichnet. Daher muss die Implementierung konsequent modular erfolgen und die einzelnen Module austauschbar sein. Das erfordert wiederum die Schaffung eindeutiger, möglichst offener Schnittstellen zwischen den Modulen. Daher wurde die Realisierung in Client-Server-Architektur verwirklicht. Das Prinzip der Implementierung zeigt Abbildung 5-24. Die Bestandteile des Systems sind:

- Zentraler Datenbankserver (Standardsoftware),
- Anwendungsserver als verlängerte Datenbankschnittstelle,
- Webserver (Standardsoftware) mit speziellem CGI-Programm,
- Web-Browser (Standardsoftware).

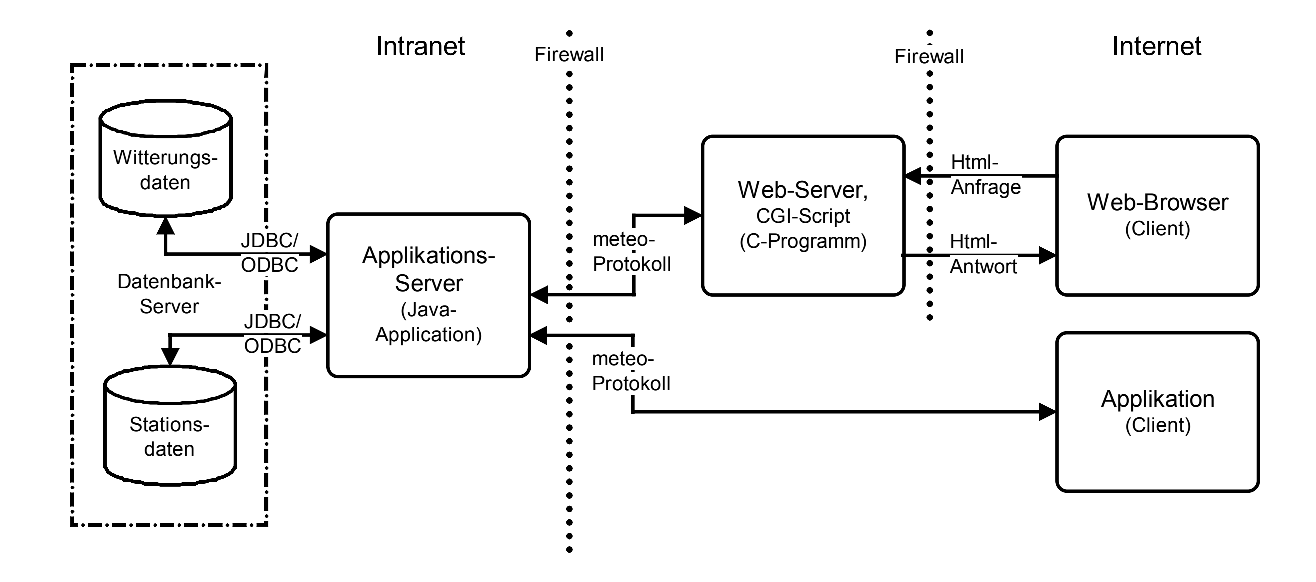


Abbildung 5-24: Mehrstufige Client-Server- Architektur des Datenbereitstellungssystems

Die eigentliche Applikation zur dynamischen WWW-Datenbereitstellung, die Brücke zwischen WWW und Datenbank, ist damit aufgeteilt in den Applikationsserver als datenbankseitige Schnittstelle, in das CGI-Programm als Webserverschnittstelle und in eine beide verbindende Schnittstelle. Basis der Schnittstellenimplementierung ist ebenfalls TCP/IP. Diese Implementierung hat mehrere Vorteile:

- Sicherheitsaspekt: Der Datenbankserver beinhaltet neben den Wetterdaten weitere, zum

Teil sensible Fachdaten und befindet sich aus diesem Grund in einem geschützten IT-Bereich (Intranet). Die Öffnung der standardisierten Datenbankschnittstelle in das Internet darf aus Sicherheitsgründen nicht stattfinden. Es musste eine restriktive und nur die Applikationsdaten betreffende Schnittstelle geschaffen werden.

- Technologischer Aspekt: Bei grundsätzlichen Weiterentwicklungen eines der beiden angrenzenden Serversysteme (SQL-Datenbank oder WWW-Server) braucht jeweils nur die betroffene Komponente angepasst werden.

- Offenheit: Durch die Schaffung der zusätzlichen unkritischen Applikationsschnittstelle kann jede beliebige Applikation unter Kenntnis des (veröffentlichten) Schnittstellenprotokolls auf die Applikationsdaten zugreifen.

- Verteilung/Skalierung: Sowohl Applikationsserver als auch Webserver können beliebig oft im jeweiligen Netz installiert werden. Damit kann eine Lastverteilung und -optimierung realisiert werden.

5.3.5.1 Applikationsserver (Datenbankschnittstelle)

Die Hauptaufgabe des Applikationsservers ist die permanente Bereitstellung der sicheren Applikationsschnittstelle zur Datenbank für verschiedene Anwendungen. Zusätzlich zu dieser eigentlichen Funktionalität stellt er noch eine weitere Administrator-Schnittstelle zu seiner eigenen Fernsteuerung und Überwachung bereit. Im Prinzip arbeitet der Applikationsserver als Filter und Übersetzer zwischen Kommandos der Applikationsschnittstelle und dem Datenbankserver. Er realisiert den kontrollierten Zugang und die Bereitstellung der Ressourcen für eine beliebige Anzahl gleichzeitig aktiver Datennutzer. Mit Hilfe dieses Programms können nicht nur Daten bereitgestellt werden, sondern auch gezielte Datenmanipulationen implementiert werden. Der Applikationsserver ist ein Java-Programm, das unter Nutzung der Java eigenen SQL-Schnittstelle JDBC eine Verbindung zur Datenbank aufnimmt. Aus der Sicht des Applikationsservers ist es gleich, ob eine direkte Verbindung zu einer lokalen Datenbank oder über eine Schnittstelle zu einem entfernten Datenbankserver aufgebaut wird. Die datenbankabhängige Schnittstelle wird vom Datenbankhersteller in Form eines Treibers bereitgestellt [41, 57]. Da die offene Programmiersprache Java auf Grund ihres Konzepts eine hohe Modularität unterstützt, wurde das System so ausgelegt, dass fachlich zusammen-

gehörige Aufgaben immer als eigene Klasse gekapselt wurden. Erweiterungen können einfach durch das Erzeugen neuer Klassen realisiert werden.

5.3.5.2 Anwendungsschnittstelle und Übertragungsprotokoll des Applikationsservers (Meteo Protokoll)

Das Übertragungsprotokoll hat die Aufgabe, die Kommunikation zwischen Endanwender, Webserver oder Wetterstation (bzw. der Station vorgelagerten Komponenten wie Abrufserver oder Controller) auf der einen Seite und Datenbank bzw. dem vorangestellten Applikationsserver schnell und verlustfrei zu regeln. Die optimalen Voraussetzungen zur Integration des Übertragungsprotokolls ein offenes Datenmanagementsystem bestehen auf der Basis der Internet-Technologie als POSIX standardkonformer Protokollfamilie. Die unteren Ebenen des Übertragungsprotokolls (1-5 des OSI-Modells) sind mit TCP/IP und Ethernet eindeutig festgeschrieben. Für die Ebene 6 (Darstellungsschicht) steht für die geforderte Aufgabe mit den Berkeley Sockets ein optimales Client-Server System zur Verfügung (vgl. Kap. 2.1.2.3). Wird eine Socket-Verbindung aufgebaut, muss das Serverprogramm nur noch dafür sorgen, dass über diese Verbindung der weitere Datentransport abgewickelt wird. Da Sockets normalerweise in Multitaskingumgebungen angesiedelt sind, kann der Socket-Server, nachdem er eine Verbindung in einer Task (oder innerhalb eines Threads) bedient, weitere Verbindungen annehmen.

Da die Sicherheitsrelevanz des Wetterdaten-Übertragungssystems nicht in den eigentlichen übertragenen Daten liegt und auch die Performance-Ansprüche nicht entscheidend durch die Menge der übertragenen Zeichen beeinflusst werden, kann oberhalb dieser Protokollebene für den eigentlichen Datenstrom innerhalb der Anwendungsschicht (Ebene 7 des OSI-Modells) eine unverschlüsselte und nicht komprimierte, transparente Datenfernübertragung gewählt werden. Bekannte etablierte Übertragungs-Standards wie EDIFACT, ADIS/ADED oder auch CORBA sind von ihrem Inhalt her sehr mächtig, besitzen jedoch für diese Anwendung einen viel zu großen Informations-Overhead und erfordern damit verbunden einen unverhältnismäßig großen Implementierungsaufwand. Um bereits gefundene oder in ähnlichem Umfeld gebrauchte Ansätze zu verwenden, stützt sich das Protokoll auf ein offenes Protokoll zur Übertragung agrarmeteorologischer Daten [97] und eine Lösung für ein Informationssystem zur Tierdatenerfassung mit verschiedenartigen dezentralen Erfassungs-

stationen und zentraler Datenbank ([16], http://www.hi-tier.de/).

Die Datenstruktur des Applikationsprotokolls besteht grob betrachtet aus einem oder mehreren Paketen, die wiederum aus einzelnen Feldern aufgebaut sind, welche selbst wieder untergliedert sein können. Die Felder sind durch reservierte Zeichen (Separatoren, „:“) getrennt; die Pakete mit einem Abschlusszeichen (Zeilenschaltung) versehen. Die einzelnen Pakete bestehen aus Einleitung, Aktion/Reaktion, Objektauswahl und einem Datenteil (Tabelle 5-4 und Tabelle 5-5). Der Aufbau unterscheidet sich nach Befehls- (Anfrage-) Paketen des Clients und Antworten des Servers, die aus den erfragten Daten oder einer einfachen Bestätigung bzw. einer Fehlermeldung bestehen. Sowohl die Befehle, als auch die Antworten können aus mehreren Paketen bestehen.

Tabelle 5-4: Aufbau einer Anfrage im Meteo-Protokoll (Backus-Nauer-Form)

<table>
<tr><th>Datenelement</th><th colspan="2">Struktur</th></tr>
<tr><td>Anfrage</td><td>Anfrage =</td><td>Einleitung + „:“ + Aktion + „:“ + Objekt + „:“ + (Datenliste)</td></tr>
<tr><td>Einleitung</td><td>Einleitung =</td><td>Kennung + Nummer + („+“ + Unternummer)</td></tr>
<tr><td>Aktion</td><td>Aktion =</td><td>Aktionscode + Stückelung + („/“ + Sub-Code)</td></tr>
<tr><td>Objekt</td><td>Objekt =</td><td>Meldung + „/“ + [Feldname | „*“] + { „;“ + Feldname }</td></tr>
<tr><td>Datenliste</td><td>Datenliste =</td><td>Datenelement + { „;“ + Datenelement }</td></tr>
</table>

Tabelle 5-5: Aufbau einer Antwort im Meteo-Protokoll (Backus-Nauer-Form)

<table>
<tr><th>Datenelement</th><th colspan="2">Struktur</th></tr>
<tr><td>Antwort</td><td>Antwort =</td><td>Einleitung + „:“ + Resultat + „:“ + Objekt + „:“ + (Textliste)</td></tr>
<tr><td>Einleitung</td><td>Einleitung =</td><td>Kennung + Befehlsnummer
+ („+“ + Unternummer) + („%“ + Antwort-Teilnummer)</td></tr>
<tr><td>Resultat</td><td>Resultat =</td><td>Schwere + „/“ + Antwortcode</td></tr>
<tr><td>Objekt</td><td>Objekt =</td><td>Meldung + „/“ + [Feldname | „*“] + { „;“ + Feldname }</td></tr>
<tr><td>Textliste</td><td>Textliste =</td><td>Textelement + { „;“ + Textelement }</td></tr>
</table>

Die Kennung bestimmt Befehls- oder Antwortbeginn und -ende. Für die Namen der weiteren Meldungen und Felder benutzt der Applikationsserver der Wetterdatenbank die entsprechenden Bezeichnungen der Entitäten und Attribute. Eine Möglichkeit zur Übertragung von

Sonderzeichen, die nicht im ASCII-Zeichensatz vorhanden sind oder aber zur Protokollsteuerung reserviert sind (Kennungen, :;= etc.) wird durch eine hexadezimale Umschreibung realisiert.

In Anhang A und in der technischen Dokumentation des Messnetzes (http://www.tec.agrar.tu-muenchen.de/edv/agm/) befindet sich eine detaillierte Beschreibung des offengelegten Protokolls mit genauer Auflistung der frei abrufbaren Entitäten und Attribute sowie der konkreten Inhalte der Datenelemente und einer Ablaufbeschreibung des Protokoll-Dialoges.

5.3.5.3 Webserverschnittstelle

Als Benutzerschnittstelle wurde der Web-Browser festgelegt. Weitere Rahmenbedingungen ergeben sich aus der Aufgabenstellung. Die eigentliche Applikation zur Datenbereitstellung sollte zentral verwaltbar auf dem Web-Server implementiert werden; eine Trennung von Layout und Daten muss stattfinden. Damit bietet sich für die Realisierung der Benutzer-Dialoge die Verwendung der in HTML definierten Formularelemente und der Einsatz von Java-Script an. Für die Realisierung der dynamischen Webseiten wurde eine Lösung auf der Basis der Standard-Webserverschnittstelle CGI gewählt.

Die HTML-Seiten werden aus statischen Vorlagen („Gerüsten“) und Daten aus der Datenbank beim Aufruf eines CGI-Programms erzeugt. An Stellen, die dynamische Daten enthalten sollen, werden in den HTML-Vorlagen Platzhalter in Form von HTML-Kommentaren „<!--Kommando-->” eingefügt. Ein Kommando zur Datenauswahl besteht aus einer einfachen anwendungsspezifischen Anweisung ohne Parameter. Die Web-Seiten mit Eingabemöglichkeiten wurden als HTML-Formulare mit der Verwendung der CGI- Schnittstellenkommandos „GET“ und „POST“ für die Eingabe von Auswahlparametern realisiert. Die CGI-Programme werden von den Formularseiten aus aufgerufen und wie alle CGI-Programme auf dem Web-Server ausgeführt. Sie generieren aus einer definierten HTML-Seitenvorlage mit den oben genannten Platzhaltern eine neue Web-Seite, in der die Platzhalter durch Daten aus der Datenbank ersetzt werden (Abbildung 5-25).

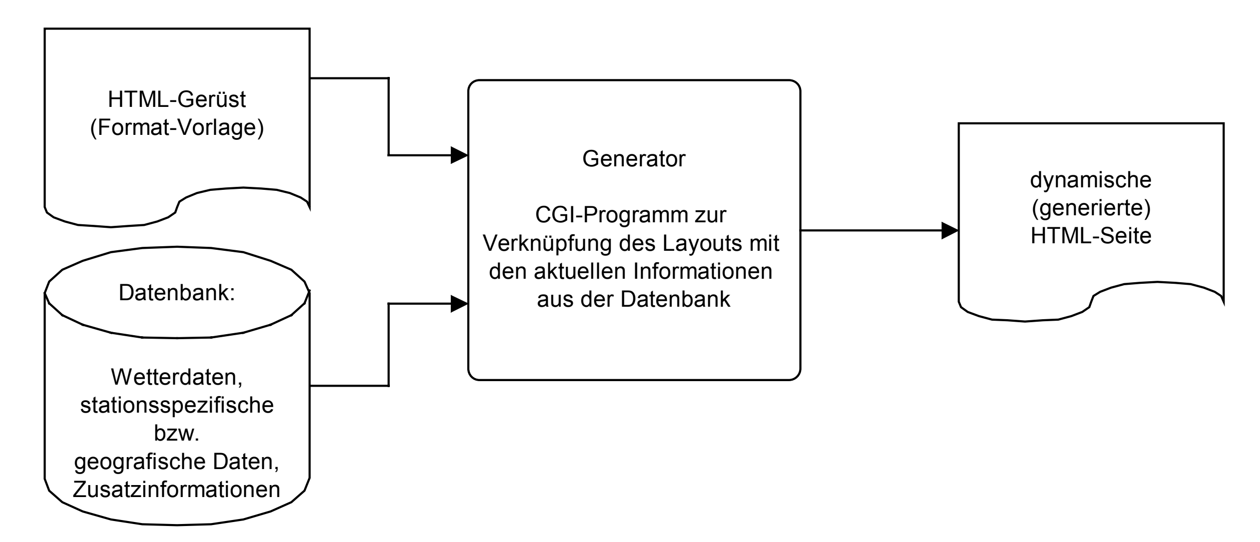


Abbildung 5-25: Prinzip der Erzeugung der dynamischen Web-Seiteninhalte

Die Beschreibungen aller verwendbaren Kommandos sowie Beispiele für die Formatvorlagen kann in der Programmdokumentation auf den Administratorseiten des Datenbereitstellungsservers (http://www.stmlf.bayern.de/lbp/agm/admin/agmcgidoc.htm) nachgeschlagen werden. Die CGI-Programme sind in der Programmiersprache C erstellt und enthalten plattformabhängige Anpassungen zum Aufruf der Socket-Bibliotheks-Schnittstelle für UNIX und Microsoft-Windows. Da die Socket-Bibliotheken selbst zum Betrieb der Web-Servers benötigt werden, sind sie auf jeden Fall auf dem Zielsystem vorhanden und können als de facto Standardsoftware vorausgesetzt werden.

Für jede nötige Kategorie der Benutzerschnittstelle wurde ein gesondertes CGI-Programm-Modul geschaffen, es gibt jeweils ein Modul für die:

- Messdatenauswahl (agmabruf),
- Messdatenausgabe (agmdaten),
- Erzeugung von Stationsinformationsblättern (agminfo),
- Erzeugung von Stationsauswahl-Tabellen (agmlisten),
- Anpassung von sensitiven Karten (agmmap).

Entsprechend dem Fachkonzept ergeben sich zwei verschiedene Sichten auf die Web-Seiten zur Bereitstellung der agrarmeteorologischen Messdaten, einerseits die des normalen Datenanwenders und andererseits die des Administrators.

Anwendersicht: Der Anwender sieht beim Anwählen der Applikation verschiedene Navigations-Hilfsmittel zur Datenauswahl. Die erste Auswahlmöglichkeit, adressiert an gelegentliche Nutzer oder Neueinsteiger, sind sensitive Gebietskarten. In ihnen sind die Standorte der

Messstationen markiert und aktiv, d.h. beim Anklicken wird eine Zusammenfassung der aktuellen Daten der Messstation angezeigt. Die zweite Variante ist eine Liste mit Stationsnummer und Name, die insbesondere für regelmäßig wiederkehrende Anwender ein schnelles Auffinden der von ihm gewünschten Daten ermöglicht. Die dritte Möglichkeit beinhaltet nach Regierungsbezirken oder nach Stationsnummer geordnete Tabellen mit Verweisen zu den Datenseiten oder zu Stationsinformationen. Auf der Datenseite selbst sind Verzweigungen zum individuellen Verändern der Datenauswahl (Zeitbereich, Sensoren, Messorte), zum Abruf der Stationsinformation bezogen auf den vorher festgelegten Standort der Station und zu allgemeinen Informationen enthalten (Abbildung 5-26). Da sich die CGI-Programme selbst durch einen URL mit angefügten Parametern ansprechen lassen, können natürlich auch die zum Webbrowser gehörenden Navigationshilfsmittel wie z.B. Lesezeichen genutzt werden. Die Anwenderseiten befinden sich auf http://www.stmlf.bayern.de/lbp/agm/, abgedruckte Beispiele im Anhang C.1.

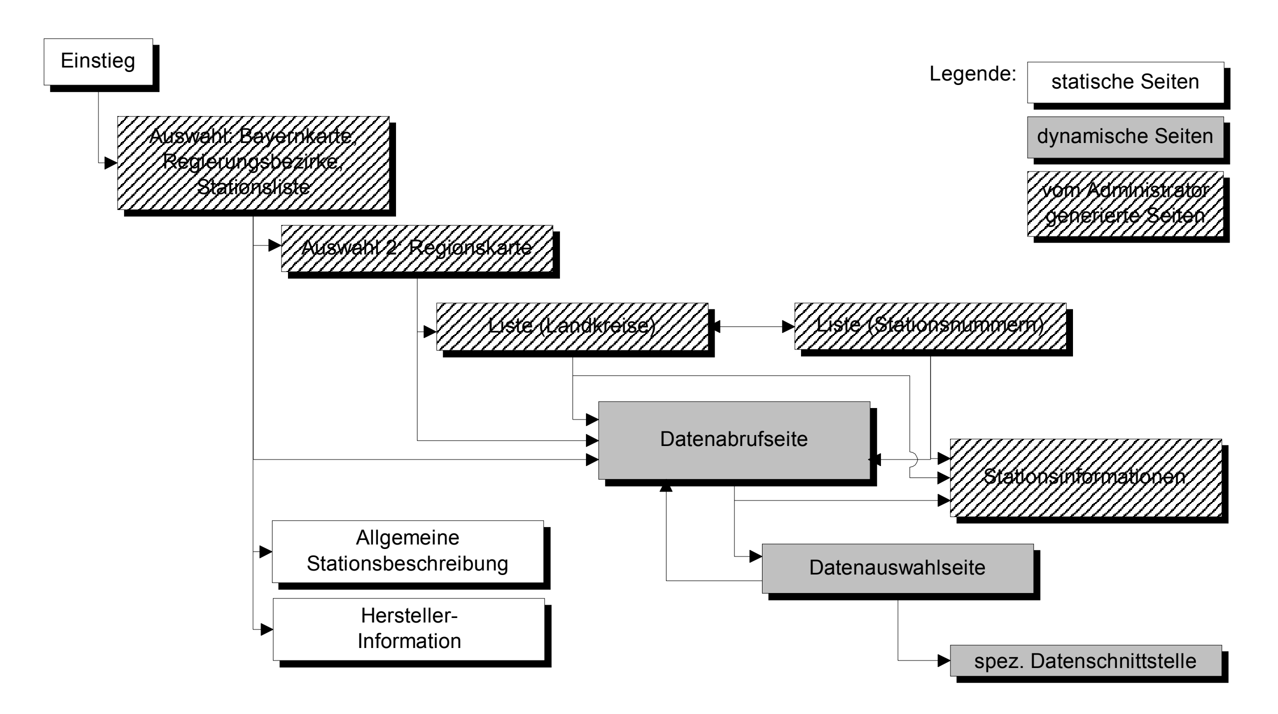


Abbildung 5-26: Struktur der Web-Seiten für alle Benutzer

Administratorsicht: Der Administrator hat die Möglichkeit, die Navigations-Hilfsmittel zu gestalten und an die aktuellen Inhalte der Datenbank anzupassen. Er bewirkt „per Mausklick" die Aktualisierung der in Abbildung 5-26 schraffiert dargestellten generierten Web-Seiten. Der Administrator ist in der Lage, ohne jegliche Programmierkenntnisse nur mit Hilfe eines HTML-Seiten-Editors und der Administrator-Seiten alle Anpassungen vorzunehmen. Die

Struktur der Administratorseiten zeigt Abbildung 5-27, die Seiten befinden sich auf http://www.stmlf.bayern.de/lbp/agm/admin/agmadmin.htm, abgedruckte Beispiele im Anhang C.2.

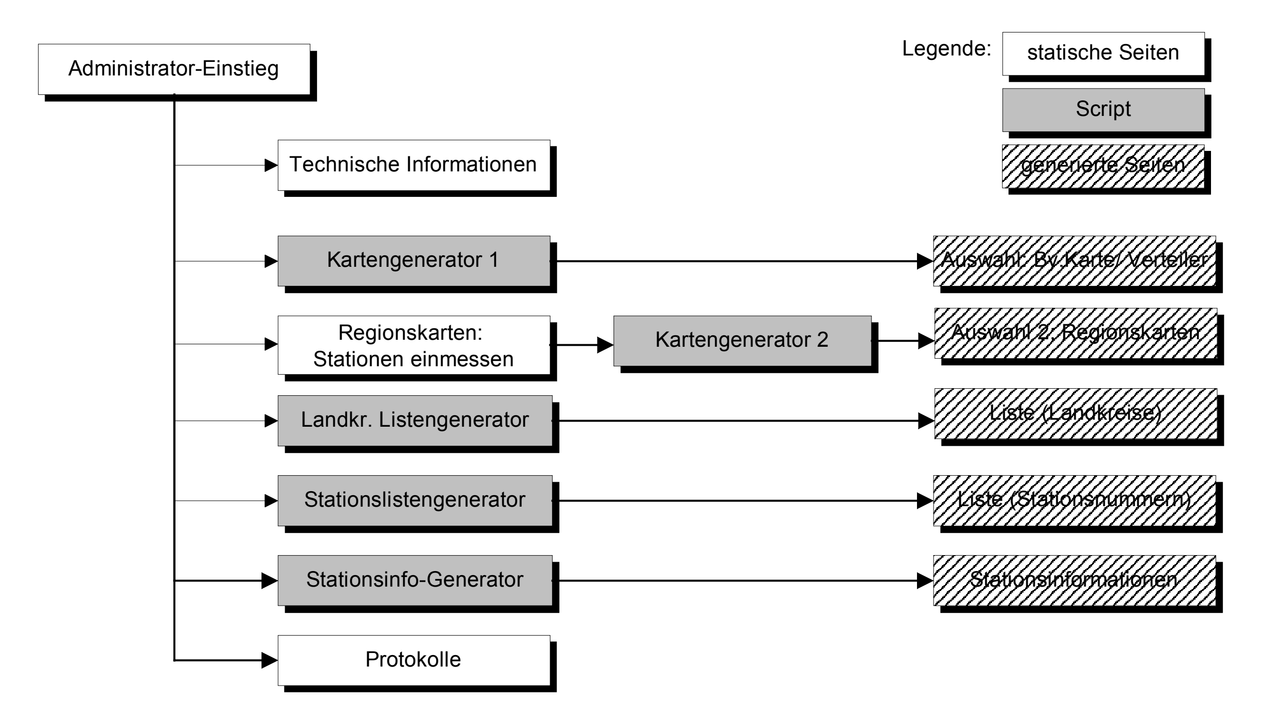


Abbildung 5-27: Struktur der Administrator-Webseiten

5.4 Überprüfung der Implementierung

Als Grundlage zur Beurteilung des offenen Datenmanagementsystems dienen die in Kapitel 3.2.1 aufgestellten Qualitätskriterien. Je nach Art der Überprüfungen fanden diese in unterschiedlichen Stadien der Prototyp-Entwicklung statt. Dementsprechend erfolgte als erster Schritt der Evaluierung des entwickelten Datenmanagementsystems die Untersuchung der Systemspezifikation und des Datenmodells auf Erfüllung der geforderten Ansprüche und Widerspruchsfreiheit.

Vor der Implementierung der Datenabruf-, Datenprüfungs- und Datenbereitstellungssoftware fand die Entwicklung und Inbetriebnahme des Stationscontrollers entsprechend der Schnittstellenspezifikationen zur Messstation und zum Datenabrufsystem statt. Zu Beginn der Entwicklung der Datenabrufsoftware stand daher bereits ein funktionsfähiger Prototyp des Controllers CW1 zur Verfügung.

In der folgenden Entwicklungsstufe wurde die Datenbank entsprechend dem logischen Entwurf implementiert und mit Testdatensätzen gefüllt, die eine Synchronisation der Softwaremodule erlauben. Mit dieser Datenbank wurden die Zugriffsmöglichkeiten von den verschiedenen beteiligten Plattformen und die Transaktionssicherheit überprüft. Dann wurden schrittweise Prototypen der einzelnen Softwaremodule zur Implementierung der Basisfunktionen erstellt und getestet. Die Implementierung wurde so ausgelegt, dass Datenstrukturen und Funktionen in Modulen bzw. in Klassen gekapselt sind, so dass die Module grundsätzlich erst einzeln und anschließend im Zusammenspiel getestet werden konnten. In der nächsten Ausbaustufe wurden die Datenbankanbindungen schrittweise mit lokalen Datenbanken, dann mit entfernten Datenbankservern realisiert und getestet. Die Eingangsmessdaten wurden von den Messstationen über die Stationscontroller abgerufen, ohne für die Produktionsdatenbank verloren zu gehen. Als letzte Ausbaustufe wurden die Systeme für den wartungsarmen, vollautomatischen Dauerbetrieb optimiert. Bei den selbst entwickelten Client-Server-Applikationen wurden erst die Serverschnittstellen implementiert und mit Testdaten überprüft und nach ausreichend stabiler Funktion die clientseitigen Schnittstellen. Nach Durchlaufen der Tests wurde das Zusammenwirken der Schnittstellen überprüft und optimiert. Für die ausführliche Beurteilung des Verhaltens der Module und Modulverbindungen wurden sowohl in den Testphasen als auch im Produktionsbetrieb ausführliche

Logbuchdaten aufgezeichnet und ausgewertet. Parallel blieb für den Betrieb des Messnetzes die alte Datenbank und das Btx-Datenübertragungssystem solange bestehen, bis die Übertragungssicherheit des neuen Datenmanagementsystems die der bestehenden Lösung übertraf.

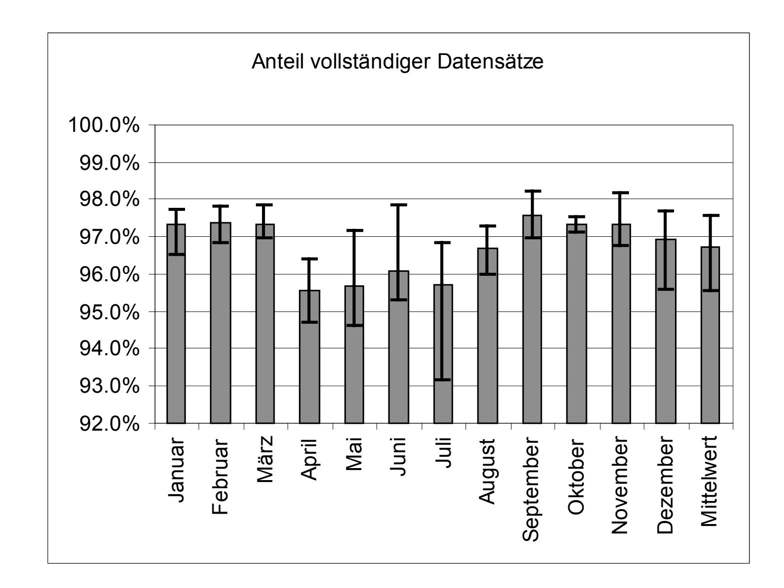
In den weiteren Abschnitten soll auf einzelne Untersuchungsergebnisse näher eingegangen werden, mit denen eine Beurteilung der Qualität und Stabilität des Datenmanagementsystems stattfinden kann.

5.4.1 Datenabrufsystem

Die folgenden Untersuchungen wurden in den ersten Monaten des Produktionsbetriebes durchgeführt. Das wichtigste Kriterium zur Beurteilung des gesamten Datenabrufsystems ist seine Zuverlässigkeit im automatisierten Betrieb. Ein Maß für die Zuverlässigkeit der Hard- und Software inklusive der Datenlogger und Stationscontroller ist die Anzahl der täglich in die Datenbank eingetragenen Datensätze im Verhältnis zu den Sollwerten. Bei einem Messtakt von 10 Minuten können täglich 144 Datensätze übertragen werden. Aufgrund einer möglichen leichten Gangabweichung der Echtzeituhr des Datenloggers, kann pro Tag ein Datensatz mehr oder weniger geliefert werden. In Abbildung 5-28 ist der prozentuale Anteil der vollständig eingetragenen Datensätze für den Zeitraum von Februar 1995 bis Dezember 1999 über die Zeit als Monatsdurchschnittswert dargestellt. Der entsprechend der Aufgabenstellung angestrebte ideale Wert von 100% bedeutet, dass alle am Messnetz partizipierten Stationen an allen Tagen im Monat mindestens 143 Datensätze geliefert haben. Der linke Bereich zeigt den mittleren Jahresverlauf der Anteile, wobei eine monatliche Zusammenfassung mit der Schwankungsbreite über die betrachteten Jahre vorgenommen wurde. Es zeigt sich, dass innerhalb aller Jahre in den Monaten April bis Juli die Erfolgsquote etwas geringer ausfällt und die Schwankungsbreite höher liegt als in den anderen Monaten. Eine Erklärung dazu ist möglich, wenn der gesamte Betrieb des Messnetzes betrachtet wird. Im Frühjahr finden die turnusmäßigen Überprüfungen statt, bei denen die Stationen zeitweise abgeschaltet werden und keine Daten liefern können. In den darauffolgenden Monaten wird die höchste Anzahl von Gewittern registriert. Sie beeinflussen durch Überspannungen das Stromnetz, so dass es vorkommt, dass Messstationen durch Schutzvorrichtungen vom Stromnetz getrennt werden und manuell aktiviert werden müssen. Da aber in diesem Zeitraum die Hauptaktivitäten im Pflanzenbau stattfinden, lassen die Stationsbetreuer

(Landwirte) nicht in jedem Fall der Betriebsbereitschaft der Station die nötige Aufmerksamkeit zukommen.

Die rechte Abbildung zeigt die Zusammenfassung aller Monate eines Jahres. Innerhalb der jeweiligen Monate und innerhalb eines Jahres treten relativ auffällige Schwankungen auf, die sich im Jahresmittel wieder kompensieren. Der Mittelwert über 5 Jahre liegt bei 96,7%. Innerhalb dieser Zeit kann kein deutlicher Trend abgelesen werden. Bis zum Jahr 1997 steigt die Zuverlässigkeit etwas an, was in der weiteren Verbesserung der Softwareeigenschaften begründet ist. Danach ist ein leichtes Abfallen erkennbar, welches auf den Ablauf der Nutzungsdauer der eingesetzten Datenlogger zurückzuführen ist.



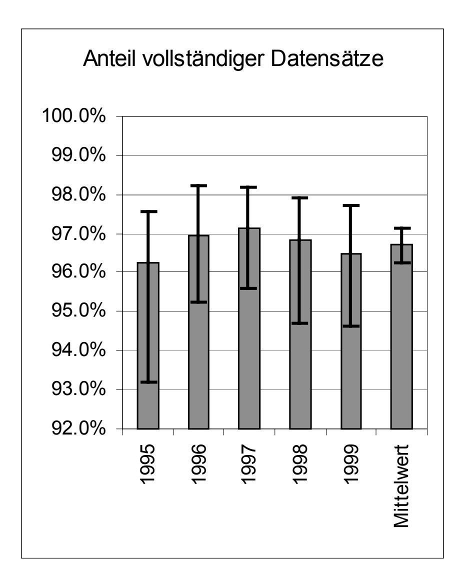
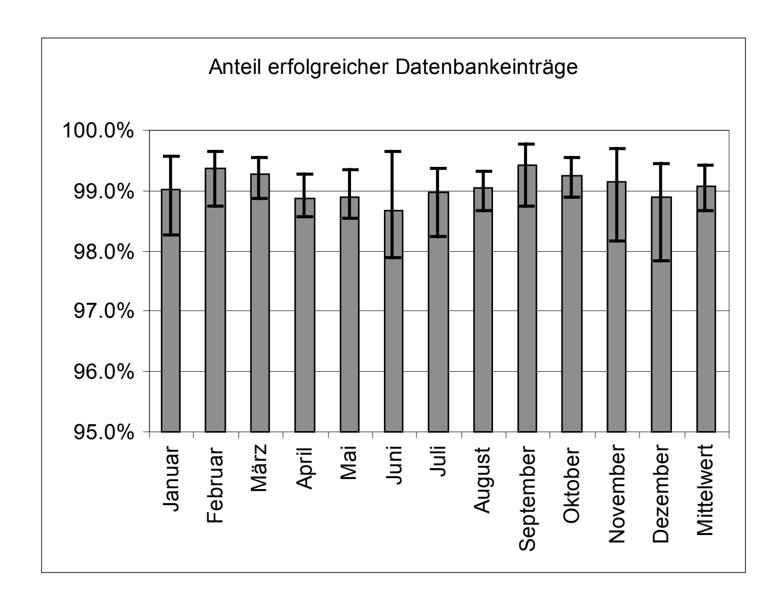


Abbildung 5-28: Anteil der vollständig übertragenen Datensätze im Zeitraum 1995 bis 1999. Links monatsweise Zusammenfassung der 5 Jahre, rechts Jahreszusammenfassungen

Zur partiellen Beurteilung der Zuverlässigkeit der Datenabrufsoftware ohne Einflüsse der Datenlogger und mit minimalen subjektiven Einflüssen der Messstationsbetreuer kann der Anteil der Tage, für die Dateneinträge vorhanden sind, herangezogen werden. Dazu wird wiederum als Bezugsgröße die aktuelle Zahl der am Messnetz partizipierten Stationen benutzt, jedoch wird diesmal eine Datenübertragung bereits dann als erfolgreich betrachtet, wenn auch nur ein einzelner Datensatz pro Tag in die Datenbank eingetragen wurde. Damit wird also nur der Erfolg des Dateneintrages, nicht seine Vollständigkeit bewertet. Abbildung 5-29 zeigt die Zusammenfassung der Ergebnisse für die Jahre 1995 bis 1999. In diesem Fall bedeutet der Idealwert von 100%, dass zu allen am Messnetz partizipierten Stationen an allen

Tagen im Monat eine unbestimmte Anzahl Datensätze in die Datenbank geliefert wurden. Im linken Bereich der Abbildung ist wieder der mittleren Jahresverlauf der Übertragung dargestellt, wobei eine monatliche Zusammenfassung vorgenommen wurde. Der rechte Teil zeigt die Zusammenfassung aller Monate eines Jahres. Die Schwankungen innerhalb Monate und Jahre fallen geringer aus, der Einfluss der turnusgemäßen Wartungen entfällt. Nur der Einfluss der Sommergewitter ist durch eine höhere Schwankungsbreite der Zuverlässigkeit im Juni erkennbar. Der Mittelwert der Zuverlässigkeit der Datenfernübertragung liegt mit über 99% sehr nah am Idealwert. Detaillierte Darstellungen mit Grafiken für die einzelnen Jahre befinden sich im Anhang D.1.1.



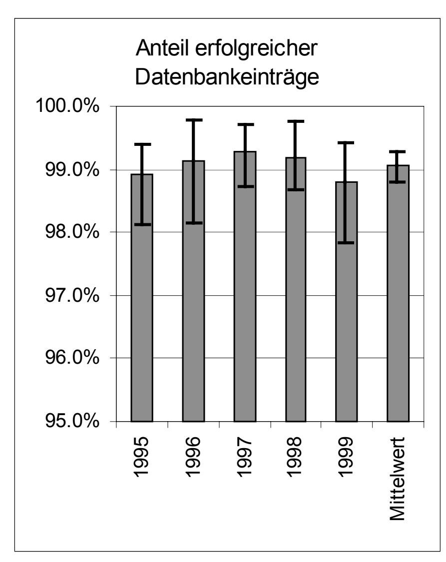
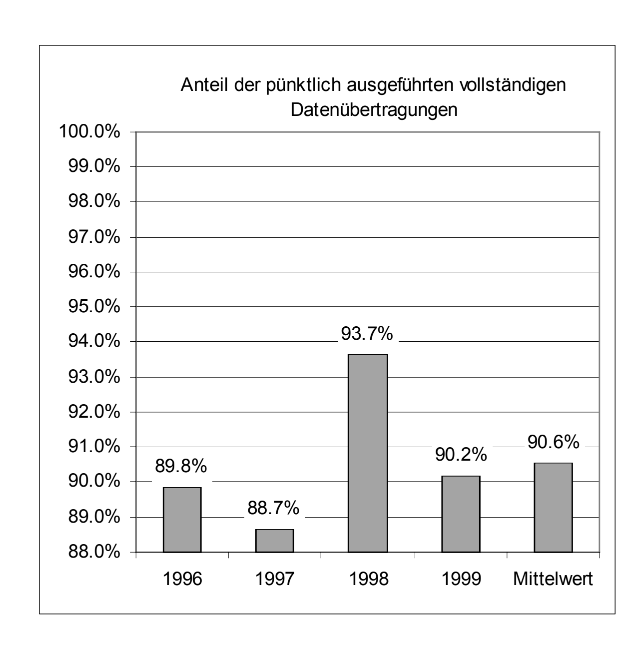


Abbildung 5-29: Anteil der erfolgreichen Datenbankeinträge im Zeitraum 1995 bis 1999. Links monatsweise Zusammenfassung der 5 Jahre, rechts Jahreszusammenfassungen

Da sich diese Auswertungen auf den Inhalt der Rohdatentabellen beziehen, stellen sie ein statisches Ergebnis dar und treffen keine Aussage über den Zeitpunkt, zu dem die Datenabfrage stattgefunden hat. Da sowohl der Datenlogger als auch der Controller zur Minimierung von Datenverlusten einen Zwischenspeicher für mehrere Tage besitzt, kann die Lieferung der Daten noch bis zu 5 Tagen nach ihrer Erfassung erfolgt sein. Um diesen Effekt genauer zu untersuchen, wurde ab 1996 auch noch für jeden Tag die Anzahl der abgerufenen Datensätze pro Station aufgezeichnet. Diese Anzahl ist ein Maß für die Termingerechtheit der Datenlieferung und stellt ein weiteres Kriterium zur Beurteilung der Qualität des Datenabrufsystems der Datenlieferung dar. Als Bewertungskriterium wurde wiederum zum einen die Vollständigkeit und zum anderen das Stattfinden der Datenfernübertragung untersucht. Für die

Vollständigkeit bedeutet ein Wert von 100%, dass von allen zum Untersuchungszeitpunkt zum Messnetz gehörenden Stationen für den Vortag 142 bis 146 Datensätze abgerufen werden konnten. Das Toleranzband von 144±2 Datensätzen wurde wegen der möglichen Gangunterschiede der Echtzeituhren von Datenlogger, Stationscontroller und Server gewählt, die erst bei einer Größe von mehreren Minuten automatisch auf die Zeitbasis der Datenbank synchronisiert werden. Das Ergebnis ist in Abbildung 5-30 auf der linken Seite dargestellt. Auf der rechten Seite von Abbildung 5-30 ist der Anteil aller zum gewünschten Termin ausgeführten Datenfernübertragungen mit einer beliebigen Anzahl von Datensätzen, im Bezug auf alle theoretisch möglichen Datenübertragungen, dargestellt. In diese Größe fließen vollständige Lieferungen, Teillieferungen und Nachlieferungen ein.



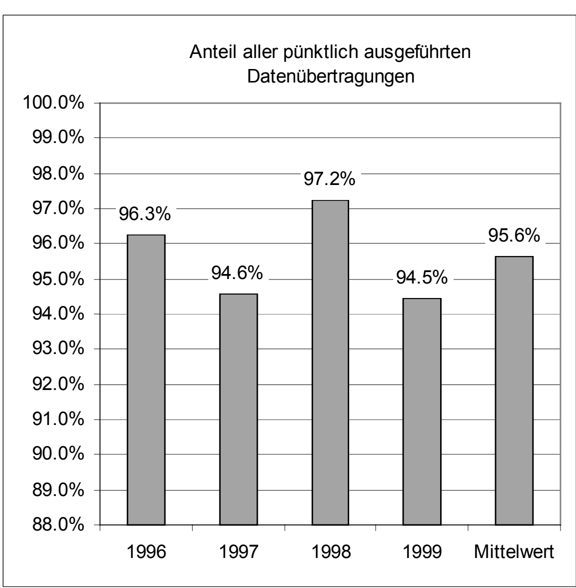


Abbildung 5-30: Anteile der termingerecht stattgefundenen Datenfernübertragungen zwischen Messstationen und Abrufsystem im Zeitraum von 1996-1999

Aus Abbildung 5-28 (rechts) und Abbildung 5-30 (links) kann geschlossen werden, dass ca. 6% der vollständigen Datensätze erst durch Nachlieferungen zustande gekommen sind, aus Abbildung 5-29 (rechts) und Abbildung 5-30 (rechts), dass im Mittel ca. 4% aller Datenlieferungen Nachlieferungen sind. Damit wird die Notwendigkeit des Zwischenpuffers und von automatisch gesteuerten Abrufwiederholungen im Fehlerfall, wie sie im Datenabfragesystem implementiert sind, unterstrichen.

Die Stabilität des Datenabrufsystems wird durch die Robustheit der Abrufsoftware im Dauerbetrieb, durch die Reaktion auf unvorhergesehene Störungen und durch das Verhalten

nach verschieden schweren Störungen bestimmt. Störungen können vor allem durch Ausfälle der Übertragungskanäle zu den Stationen und zum Datenbankserver hervorgerufen werden. Das Wiederaufsetzen auf unterbrochene DFÜ-Verbindungen wurde innerhalb der Entwicklungsphase durch kurzzeitige absichtliche Unterbrechungen und der gleichzeitigen Beobachtung des Systems optimiert. Der Ausfall aller möglichen Komponenten der Datenbankanbindung ist vor dem Produktionsbetrieb schwerer zu simulieren. Daher wurde im Produktionsbetrieb der Dauerbetrieb des Datenabrufsystems während der zyklisch durchgeführten Wartungsphasen des Datenbank-Serversystems nicht unterbrochen. So konnte die Reaktion des Abrufsystems auf die fehlenden Komponenten und das Wiederaufnehmen des Dauerbetriebes mehrmals im Monat überprüft und optimiert werden. Aus den Logbuchaufzeichnungen geht hervor, das nur in wenigen Ausnahmefällen (ca. 4 mal pro Jahr) ein Eingreifen durch einen Administrator zur Wiederaufnahme des Produktionsbetriebes nötig war.

Als Kriterium zur Beurteilung der Stabilität der DFÜ-Verbindung und der Datenbankverbindung wurden die Übertragungszeiten aufgezeichnet und statistisch als Zeitreihen ausgewertet [110]. Für die DFÜ wurde die Dauer der Modem-Verbindung nach Empfang der Verbindungsmeldung vom Modem bis zum Absetzen des Kommandos zum Auflegen für jede Station gemessen. Zur Vereinfachung wurden bei der Auswertung nur die Messungen der Übertragungen berücksichtigt, bei denen genau 144 Datensätze transportiert wurden. Dabei konnte die Annahme, dass die Übertragungsdauer konstant sein muss und entsprechend der Güte des Übertragungskanals (Telefonleitung) mit einer starken Streuung behaftet sein kann, bestätigt werden (Tabelle 5-6). Aus den Zeitreihen können weiterhin detaillierte Veränderungen an den Betriebsparametern des Abrufsystems abgelesen werden. Die deutlichen Abweichungen der 1995 gemessenen Werte sind durch veränderte Betriebsbedingungen gegenüber den folgenden Jahren zu erklären. In diesem Jahr fand der Test der Rückübertragung der geprüften Messdaten des Vortages von der zentralen Datenbank zum Stationscontroller statt, es wurden also eigentlich 288 Datensätze übertragen. Auch 1997 wurde eine signifikante Änderung der Übertragungsdauer durch veränderte Betriebsparameter bewirkt, da zusätzlich zu den 144 Datensätzen des Vortages die Abfrage des gerade aktuellen Datensatzes erfolgte (siehe Anhang D.1.2). Von 1997 bis 1999 waren nahezu gleichbleibende Randbedingungen anzutreffen.

Tabelle 5-6 : Auswertung der Dauer der Datenfernübertragung im Produktionsbetrieb

	DFÜ-Dauer (in s)				
	1995	**1996**	**1997**	**1998**	**1999**
Mittelwert	50.3	29.9	32.6	33.6	31.6
Minimum	23.0	23.0	21.0	20.0	18.0
Maximum	239.0	97.0	57.0	57.0	115.0
Standardabweichung	10.7	3.7	2.8	2.1	3.3
Varianz	114.1	13.7	7.7	4.6	10.8
Schiefe	6.6	4.3	0.3	1.0	0.1
Steigung	- 0.0179	- 0.0064	- 0.0002	- 0.0015	- 0.0142

Für die Datenbankverbindung wurde die Zeit, die der Eintrag der Messwerte in die kumulierenden Messdatentabellen benötigt, erfasst. Dazu wurde die Zeit zwischen dem erstem SQL-Insert-Befehl bis zum Commit-Befehl nach dem letzten Datensatz für jede Station an allen Tagen gemessen. Auch hier wurden zur direkten Vergleichbarkeit wieder nur die Messungen ausgewählt, zu denen 144 eingetragene Datensätze gehören. Es bestätigt sich die Hypothese, dass die Verbindungszeit konstant bleibt, wenn das Datenbankmanagementsystem ausreichend leistungsfähig ist und das Datenmodell korrekt ist. Bis 1996 könnte ein leichter Abwärtstrend der Dauer erkennbar sein, der jedoch auf Grund der hohen Streuung der Einzelmessungen nicht abgesichert ist. Die hohen Streuungen sind auf die schwankende Netzwerkbelastung und das Lastverhalten des Datenbankservers zurückzuführen. Deutlich ist das Zusammenspiel mit anderen Applikationen auf dem gleichen DBMS und Veränderungen am DBMS (Tuning, Updates) zu erkennen, was auch der Grund für den o.g. Trend sein dürfte. Die Ergebnisse wurden in Tabelle 5-7 zusammengefasst (Einzelheiten siehe Anhang D.1.2). Da im Verlauf des Jahres 1999 die Hard- und Software des DBMS erneuert wurde, wurden die zwei Teilbereiche der Zeitreihe vor bzw. nach der Systemumstellung gesondert ausgewertet. Nach der Systemerneuerung ist die Verkürzung der durchschnittlichen Datenbankladezeit sowie eine geringere Varianz, die auf eine höhere Stabilität der Datenbankanbindung schließen lässt, deutlich erkennbar.

Tabelle 5-7: Auswertung der Datenbankladezeiten im Produktionsbetrieb, wegen veränderter Umgebungsbedingungen Aufteilung des Jahres 1999

	Datenbankladezeit (in s)					
	1995	**1996**	**1997**	**1998**	**1999/1**	**1999/2**
Mittelwert	26.0	26.2	28.9	24.1	20.9	5.6
Minimum	5.0	6.0	6.0	3.0	5.0	4.0
Maximum	540.0	417.0	144.0	173.0	158.0	252.0
Standardabweichung	28.1	16.7	15.4	14.0	13.5	3.0
Varianz	791.3	279.4	236.8	194.7	182.2	9.0
Schiefe	8.0	4.4	0.9	1.2	1.5	51.0
Steigung	0.0329	0.0349	- 0.0156	- 0.0090	0.0148	0.0004

Als zusammenfassend beurteilendes Kriterium des Datenabrufsystems wurde noch die Quantität des nutzbaren Datenbestandes ermittelt. In Abbildung 5-31 ist der Anteil der geprüften und zusammengefassten Messdatensätze in der Datenbank als Mittelwert über alle Stationen in den einzelnen Betriebsjahren dargestellt. Bezugswert ist die theoretisch mögliche Anzahl von Datensätzen, also für die Tagesdatensätze die Anzahl der Tage bzw. Stunden, an denen die Stationen betrieben wurden. Die Inbetriebnahme des neuen Datenabrufsystems war Ende 1994 abgeschlossen, was im Diagramm an dem höheren Anteil gelieferter Daten erkennbar ist. Da auch alle in der kritischen Phase nur vor Ort erfassten und später manuell eingespielten Daten gezählt wurden, gibt die Darstellung keine quantitative Auskunft über die Verbesserung des Anteils online gelieferter Daten. In den Jahren 1999 und 2000 ist der Einfluss der auf Grund ihrer Alterung defekten Datenlogger und der unvermeidbare Datenverlust beim Austausch der Geräte gegen neue Modelle erkennbar.

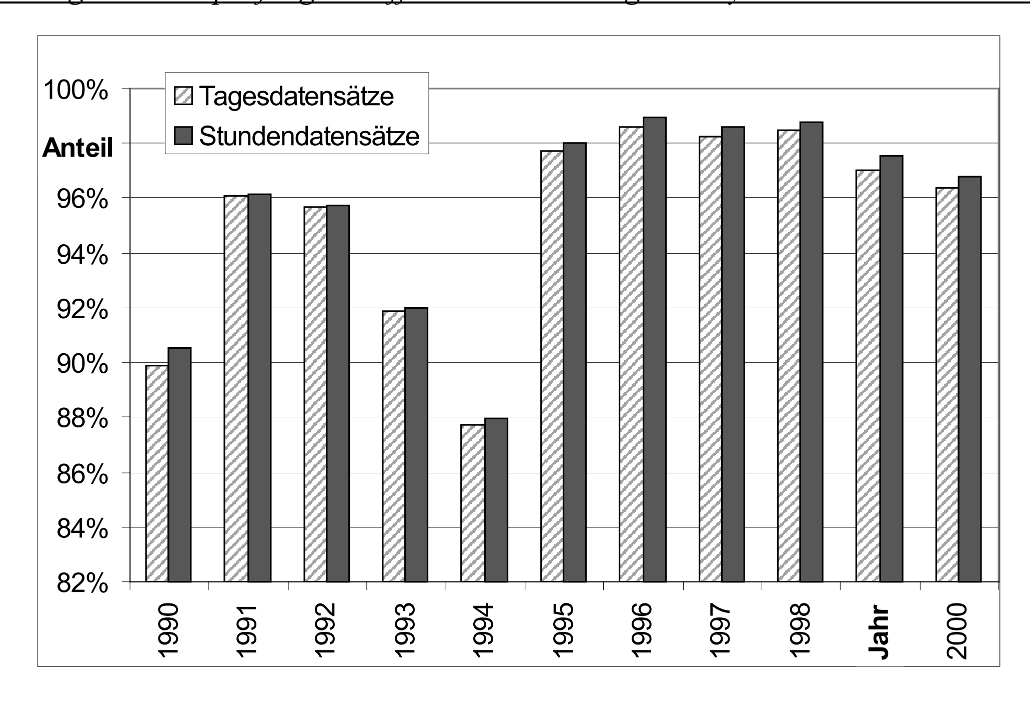


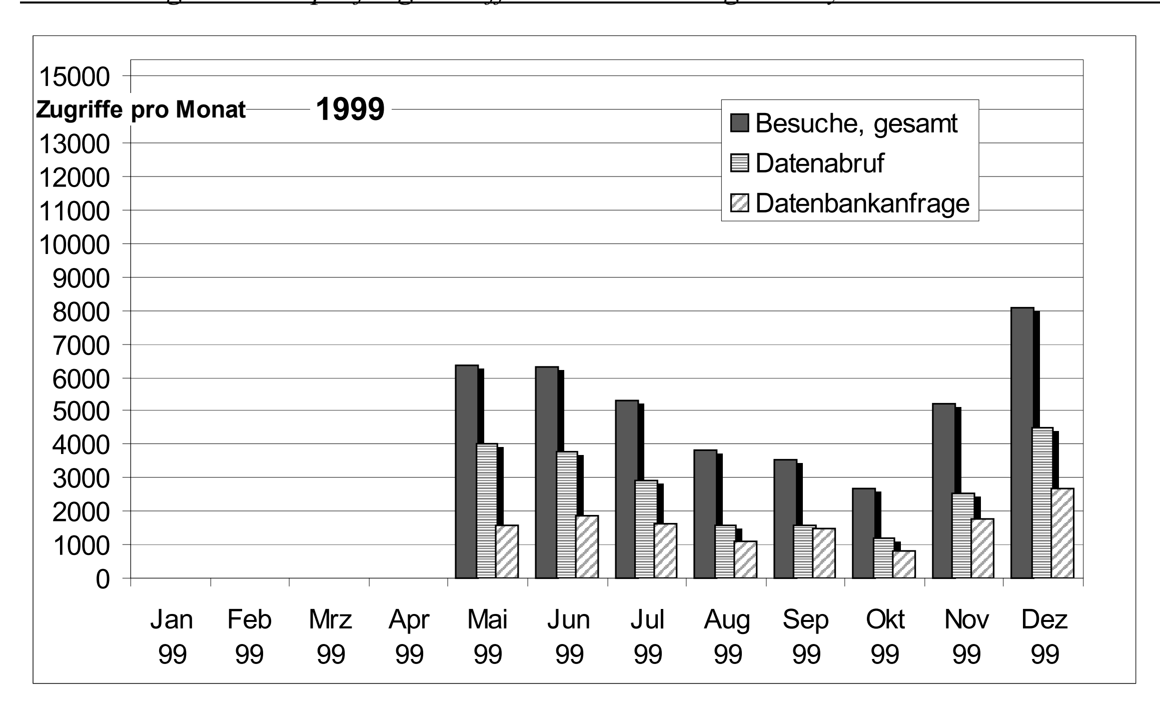
Abbildung 5-31: Anteil der in der Datenbank gespeicherten, geprüften und zusammengefassten Messdatensätze bezogen auf die theoretisch mögliche Anzahl.

5.4.2 Datenbereitstellungssystem

Das Web-basierende Datenbereitstellungssystem wurde im Februar 1999 implementiert und getestet. Im Mai 1999 wurde es im Rahmen einer regionalen Informationsveranstaltung der Öffentlichkeit und der Presse vorgestellt. Von diesem Zeitpunkt an befindet sich das Bereitstellungssystem im Produktionsbetrieb und wird im Internet von Suchmaschinen indiziert. Auf der verwendeten Hardware und Systemsoftware für den Applikationsserver wird außerdem eine leistungsintensive Applikation betrieben. Ausgelöst durch diese Applikation und unzureichend stabile Systemsoftware gab es bis September 1999 eine Vielzahl von Applikationsserverausfällen. Als Webserver diente anfangs ausschließlich der Apache Webserver der Entwickler (http://www.tec.agrar.tu-muenchen.de/lbp/agm/), seit November 1999 wird der Hauptanteil der Anfragen über den offiziellen Online-Informationsserver des BayStMELF abgewickelt (http://www.stmlf.bayern.de/lbp/agm/, Microsoft Internet Information Server).

Zur Beurteilung der Qualität des Datenangebotes wird in erster Linie die Akzeptanz durch die Anwender herangezogen, die sich in der Anzahl erfolgreicher Datenabrufe wiederspiegelt. Diese Anzahl kann durch den Webserver protokolliert und statistisch als Zeitreihe mit

verschiedenen Filteroptionen ausgewertet werden. Zur Beurteilung der Wirkung des Zwischenpuffers für identische Daten wurde der Zugriff auf die Datenbank aus den Logbuchaufzeichnungen des Applikationsservers ausgewertet. Die weitere Zwischenpufferung, die Internet- und Intranetprovider durch eigene Cache-Speicher (Proxy) betreiben, kann nicht exakt erfasst werden. Daher gelten derart gepufferte Aufrufe immer nur als eine Anfrage. Die Zugriffe aus dem BayStMELF-Intranet werden vom Betreiber des Webservers nicht aufgezeichnet und konnten aus diesem Grund in der Auswertung nicht quantitativ erfasst werden. Auch wurden alle Abfragen von den Entwicklern herausgefiltert. Aus den Untersuchungen am Webserver des Entwicklers für den Zeitraum Mai bis November 1999 geht jedoch hervor, dass der Anteil der Zugriffe aus dem Bayerischen Behördennetz im Mittel bei 40% der Gesamtzugriffe liegt. In Abbildung 5-32 sind alle Anfragen bezüglich Wetterinformationen, die Datenabrufe vom Webserver und die wirklich an die Datenbank weitergeleiteten Anfragen monatsweise aufgetragen. Die Zahl der Anfragen sinkt bis Oktober des Jahres 1999 auf Grund der oben genannten Zuverlässigkeitsprobleme, die auf die Systemsoftware zurückzuführen sind, und steigt mit deren Beseitigung und der Einführung der Seiten im offiziellen Informationsangebot des BayStMELF (November 1999) wieder an. Deutlich erhöhte Anfragehäufigkeiten sind während der Vegetationsperiode 2000 (Mai und Juli) zu verzeichnen. Sie sind auf ergiebige Niederschläge und damit erhöhten Datenbedarf im Pflanzenschutz zurückzuführen.



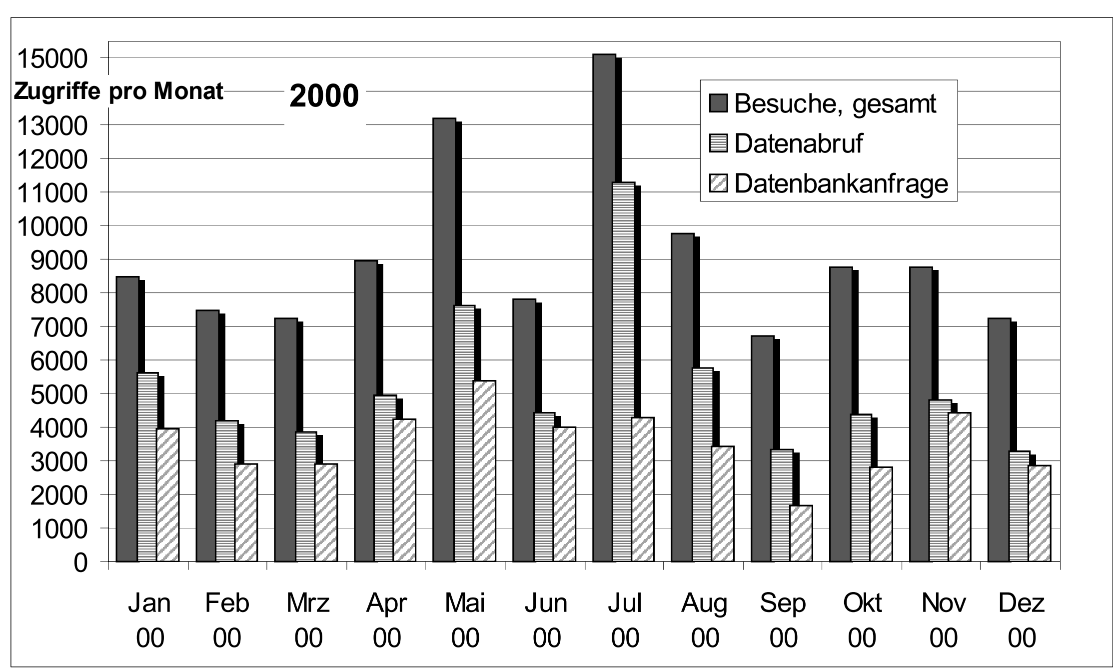


Abbildung 5-32: Monatliche Anfragen an Webserver und Applikationsserver (ohne interne Zugriffe aus dem Bayerischen Behördennetz)

Der Rückgang der Abrufzahlen im Juli bis Oktober 1999 zeigt deutlich die Korrelation der Akzeptanz mit der Qualität des Datenangebotes. In dieser Zeit konnten zeitweise über mehrere Stunden keine Daten abgefragt werden, im September hatte der Anteil von erfolglos abgerufenen Datenseiten, bezogen auf die erfolgreichen Datenbankabfragen, mit fast 9% sein Maximum. Auch eine Verlängerung der Reaktionszeit des Webservers auf die Anfrage im

Januar 2000 hatte deutliche Folgen. Diese Zeit beträgt ohne Berücksichtigung von langen Übertragungszeiten auf Grund hoher Internet-Last im Durchschnitt für die Anzeige der Wochenübersicht weniger als 10 Sekunden und verlängerte sich auf Grund von Netzwerk-Konfigurationsfehlern auf ca. eine Minute. Allgemein werden 10 Sekunden Wartezeit (engl. latency) auf den Inhalt einer Webseite als eine Akzeptanzschwelle der Anwender aufgefasst [7]. Die Ergebnisse der Untersuchung der Reaktionszeiten zeigt Tabelle 5-8. Die angegebenen Werte wurden sowohl im Intranet, als auch im Internet an Festnetzzugängen ermittelt. Die mittleren Latenzzeiten wurden für eine statische Seite, für eine dynamisch aus der Datenbank bzw. dem Zwischenspeicher abgefragte kurze Wochendatenübersicht („Standard"-Datenseite) und für eine spezielle Abfrage aller Stundendaten eines Monats (Datenvolumen 200KB, Format html) als Stichproben ermittelt. Sie veranschaulichen nur grob die Realität, da die Einzelwerte auf Grund der in der Praxis sehr unterschiedlichen Netzlast sehr stark variieren. Eine Untersuchung mit konstanter Netzlast unter Laborbedingungen ist jedoch zur Ermittlung der Nutzerakzeptanz nicht sinnvoll.

Tabelle 5-8: Reaktionszeiten von der Anforderung bis zu vollständigen Anzeige der Webseiten (dynamische und statische Informationsquellen)

Beteiligte Komponenten des Webservers		**Mittlere Zeit bis zur Anzeige [Sekunden]**		
Komponente	**Information**	**Infoseite**	**Standard**	**Speziell**
Webserver	Statisch	9.1	-	-
Webserver und CGI-Programm	Dynamisch, Zwischenspeicher	-	7.7	86.2
Webserver, CGI-Programm und Datenbank	Dynamisch, Datenbank	-	8.4	84.5

Die Zuverlässigkeit des Gesamtsystems wird durch die Zuverlässigkeit der einzelnen Server-Komponenten Webserver, Applikationsserver, Datenbankserver bestimmt. Alle Komponenten werden vom Rechenzentrum betreut und sind im Prinzip 24 Stunden täglich im Einsatz. Für die Datenbereitstellungsapplikation können die Laufzeiten zwischen Start und Neustart des Serverprogramms (uptime) als Qualitätsmerkmal ausgewertet werden. Sie lagen im Jahr 2000 im Mittel bei 16 Tagen mit einem Maximum von 55 Tagen. Anzumerken ist hier, dass Programmneustarts fast ausschließlich auf vorausgehenden kontrollierten Systemstops

beruhen, um geplante Software-Updates durchzuführen oder Probleme an der Systemsoftware zu lösen. Eine weitere Forderung der Anwender war die Nutzbarkeit der Daten in Standardsoftware sowie verbreiteten Monitoring- und Entscheidungshilfe-Systemen. Die Kompatibilität der bereitgestellten Daten-Schnittstellen wurde anhand der strukturierten Texte mit Tabellenkalkulationsprogrammen und Datenbanksystemen getestet (Microsoft Office®, StarOffice®, Lotus SmartSuite®). Der Zugriff für Pflanzenschutzberatungs-Software wurde ebenso auf Dateibasis realisiert und mit dem Beratungssystem proPlant® (Version 3.2 für Windows [152]) und anhand der hauptsächlich für wissenschaftliche Zwecke verwendeten Datenaufbereitungssoftware PASO (Zusammenführung von verschiedenen Systemen zur **P**rognose **a**grarischer **S**chad**o**rganismen [94]) überprüft. Dabei traten keine Datenimportprobleme auf, die nicht durch korrekte PC-Systemeinstellungen gelöst werden konnten.

6 Diskussion der Ergebnisse

Bei der Umgestaltung des Datenerfassungs- und Bereitstellungssystems des Bayerischen agrarmeteorologischen Messnetzes nach dem Auftreten der ersten Probleme auf Grund von Veränderungen an der Infrastruktur 1992, wurden die aus dem Stand der Technik abgeleiteten Maßnahmen zur Schaffung offener Systeme an diesem konkreten komplexen System umgesetzt. Der lange Beobachtungszeitraum seit der Inbetriebnahme des ersten automatisch arbeitenden agrarmeteorologischen Messnetzes 1989 bis heute erlaubte die umfangreiche Untersuchung unter den Rahmenbedingungen tiefgreifender Veränderungen der Informationstechnologie. Die deutliche Verbesserung der Funktionalität und Zuverlässigkeit des Gesamtsystems hätte für einen kurzen Zeitraum sicher auch durch die Realisierung als geschlossenes System erreicht werden können. Doch hätten Technologiesprünge und die ständige Erneuerung der Systemsoftware nach kurzer Zeit die weitere Nutzbarkeit der speziell entwickelten Software entweder wieder erheblich eingeschränkt oder völlig verhindert. Als Beispiel sei das Aussterben von dem vor 8 Jahren noch als Zukunftstechnologie eingeschätztem Datennetzdienst Btx genannt. Im Gegensatz dazu ist die vor 10 Jahren noch hauptsächlich im militärischen und wissenschaftlichen Bereich eingesetzte offene Internettechnologie heute die am weitesten verbreitete Netzwerktechnologie und hat die meisten konkurrierenden Systeme verdrängt.

Messstationen und Datenlogger arbeiten bei regelmäßiger Wartung etwa 10 Jahre qualitätsgerecht und wirtschaftlich. Sie besitzen mit geringem Aufwand adaptierbare Schnittstellen, die an beliebige Rechensysteme angeschlossen werden können. Die Abschreibungszeiten für Rechenanlagen und PC liegen dagegen bei 3 Jahren, ihre technologisch bedingte optimale Einsatzzeit ist im allgemeinen noch kürzer. Die Anwendungssoftware darf durch diese Widersprüche in der Einsatzdauer verschiedener informationstechnischer Komponenten nur minimal beeinflusst werden.

Am Beispiel des Datenmanagementsystems für das bayerische agrarmeteorologische Netzwerk wurde gezeigt, das zur Schaffung eines stabilen, flexiblen und beständigen Informationssystems die Realisierung als offenes System sinnvoll und möglich ist, auch wenn nicht alle Komponenten und Schnittstellen vom Ansatz her standardisiert sind. Tabelle 6-1 zeigt eine Übersicht über die im Datenmanagementsystem für das bayerische agrarmeteo-

rologische Messnetz eingesetzten informationstechnischen Komponenten sowie deren Besonderheiten und Ursprung. Die hinterlegten Felder heben die Eigenentwicklungen im Rahmen der vorliegenden Arbeit hervor.

Tabelle 6-1: Übersicht über die Komponenten des Datenmanagementsystems

Komponente	**Basis- Hard- und -Software/ Herkunft**	**Schnittstellen, Standards**	**Herkunft, Besonderheiten**
Datenlogger	Lambrecht FMA86/ handelsüblich	Herstellerspezifisches Protokoll, RS232C	
Stationscontroller mit Modem	CW1 TI-Microcontroller/ Eigenentwicklung, internes ke Unimodem/ handelsüblich	RS232C, herstellerspezifische Protokolle, Assemblersprache	Entwicklung der Land- technik Weihenstephan
Datenabfrage- system	IBM-PC, OS/2 / Industrie- standard, handelsüblich mit Standardmodem/ handelsüblich und Datenbankanbindung/ handelsüblich	herstellerspezifisches Protokoll, RS232C, AT-Modembefehle, Programmiersprache C, embedded SQL	modulare Eigenentwick- lung des Autors
Datenbank	IBM-Großrechner mit relationaler Datenbank/ handelsüblich	SQL	Datenmodell und Implementierung Partner LfE-RZ und Autor
Datenprüfung	PC oder Großrechner mit Datenbankanbindung/ handelsüblich	Programmiersprache C; embedded SQL	modulare Entwicklung Partner LBP
Daten- bereitstellungs- system	PC oder Workstation, MS-Windows oder UNIX/ Industriestandard, handelsüblich oder Freeware	SQL/ JDBC Programmiersprache Java; TCP/IP, offengelegtes Applikationsprotokoll	modulare Eigenentwick- lung des Autors
Benutzer- schnittstelle	Beliebiger Internet-Server (Apache und MS IIS), beliebiger Internet- Browser/ Industriestan- dard oder OSI	TCP/IP, offengelegtes Applikationsprotokoll; Programmiersprache C; HTML, CGI	modulare Eigenentwick- lung des Autors; Design Partner LBA

6.1 Beurteilung des offenes Datenmanagementsystems

Die Beurteilung des Systems erfolgte anhand allgemein anerkannter Softwarequalitätskriterien (vgl. Kapitel 3.2.1 und [106]). Die zu untersuchenden Merkmale unterscheiden sich nach der Sichtweise der Benutzer und Entwickler. Die Benutzer des Systems (das bedeutet nicht nur die Anwender, sondern auch Messnetzbetreiber und Administratoren) legen den Schwerpunkt auf Funktionserfüllung, Effizienz, Zuverlässigkeit, Benutzbarkeit und Sicherheit.

Die volle **Funktionserfüllung** ist gegeben, da alle in der Definitionsphase aufgenommenen Funktionen des Systems fehlerfrei ausführbar sind. Eine Quantifizierung kann aus den positiven Ergebnissen der Akzeptanz- und Zuverlässigkeitsuntersuchungen abgeleitet werden, dazu kommt die hohe Systemstabilität, mit der das Managementsystem mehrere Tage ohne Administration die an den Messstationen abrufbaren Witterungsdaten automatisch abfragt, prüft und den Benutzern frei wählbar bereitstellt. Die **Effizienz** des Datenabfragesystems ist ein weniger bedeutendes Kriterium, da weder Echtzeit-Steuerungsaufgaben, noch umfangreiche Datenvolumen zu bewältigen sind. Daher wurde als Effizienzkriterium die Übertragungsdauer verwendet und bezogen auf minimale Kosten für die DFÜ bei geringen Hardware-Anschaffungskosten überprüft. Die Softwareperformance wurde so optimiert, dass die Performance der nicht zur Eigenentwicklung gehörenden standardisierten Datenbank-Schnittstelle und die Modemübertragungsgeschwindigkeit die Programmlaufzeit bestimmen und keine deutlichen Verzögerungen durch die Verarbeitungsschritte in der Software auftreten. Die Effizienz der Datenbereitstellung hängt entscheidend von der Performance des bereitstellenden Webservers und der Übertragungsgeschwindigkeit im Internet ab. Die Antwortzeiten der Anwender-Datenabfragen wurden als Summen der Reaktionszeiten von Datenbank, Applikationsserver, Webserver, CGI-Programmen, Netzwerk und Client direkt am Webbrowser manuell mit akzeptablen Ergebnissen überprüft. Das wichtigste Kriterium für ein automatisches, serverbasierendes System, seine **Zuverlässigkeit,** wurde quantitativ und ausführlich mit sehr guten Ergebnissen untersucht (vgl. Kap. 5.4.1). Zur **Benutzbarkeit** zählen Robustheit und Fehlertoleranz, die ebenfalls über lange Zeiträume mit positiven Ergebnissen quantitativ untersucht wurden. Die **Sicherheit** des Datenmanagementsystems wurde durch die Implementierung im Intranet und die ausschließlich für die Witterungsda-

tenmanipulation nutzbare öffentliche Schnittstelle ausreichend gewährleistet. Die eingesetzte Lösung wurde durch die Abteilung für Sicherheit informationstechnischer Systeme im Bayerischen Staatsministerium des Inneren (CERT) qualifiziert.

Aus Entwicklersicht stehen die Argumente zur effektiven Betreuung des Systems im gesamten Lebenszyklus und die Erfüllung der Kriterien offener Systeme im Vordergrund.

Die **Erweiterbarkeit** und **Änderbarkeit** wird durch Strukturierung, Modularisierung und Objektorientierung im Zusammenhang mit einer durchgehenden Modellierung und Dokumentation in allen Entwicklungsstadien gewährleistet. Damit wurde auch eine Grundlage für die **Skalierbarkeit** geschaffen, die im Zusammenhang mit der Implementierung als lose gekoppelte Client-Server-Systeme und der Ausprägung wesentlicher Module als parallelisierbare und mehrfach startbare Threads einen breiten Leistungsanpassungsbereich erlaubt.

Die **Wartbarkeit** und **Wiederverwendbarkeit** steht im engen Zusammenhang mit der Erweiterbarkeit und basiert auf der Modellierung, Modularisierung und Dokumentation, bei der durch die tiefe Zerlegung in Teilprobleme und die Verwendung überschaubarer Algorithmen die gute Verständlichkeit und Testbarkeit erreicht wurde.

Die **Übertragbarkeit (Portabilität)** wurde durch die Implementierung in portablen, zum Teil standardisierten Programmiersprachen (C, Java) unter Verwendung von standardisierten Schnittstellen und Bibliotheken oder Quasistandards (Industriestandards) und die Offenlegung nichtstandardisierter Schnittstellen erreicht. Damit wurde auch die Grundlage für die **Interoperabilität** geschaffen, die im gezeigten Beispiel auf Grund der unterschiedlichen eingesetzten Technologien (PC, Internet, Intranet, Großrechner, OS/2- und UNIX-Workstation) unbedingt nötig war und gleichzeitig das Prüfmittel für die Einhaltung der Kriterien darstellte.

Die Offenheit des Systems musste sich im Verlauf des Lebenszyklus des Systems bereits mehrfach unter Beweis stellen. Die gesamte Entwicklung des Datenbereitstellungssystems vollzog sich in einer anderen Umgebung als der Produktionsbetrieb:

- Entwicklung und Test: Oracle Datenbank auf UNIX, Applikationsserver auf Microsoft Windows, Webserver „Apache“ - Open Source Software auf UNIX
- Produktionsbetrieb: IBM DB2 Datenbank auf Großrechner/MVS, später OS390, Appli-

kationsserver auf UNIX, Microsoft-Webserver IIS auf Microsoft Windows.

Das gesamte System wurde durch die Realisierung im prototypingorientierten Life-Cycle-Modell laufend erweitert und verfeinert. Bestimmte Teile des Systems wurden aus Performance- und Handhabungsgründen für den PC entwickelt und später auf den Großrechner portiert (z.B. das gesamte Prüfungs- und Zusammenfassungssystem).

6.2 Praktische Überprüfung der Offenheit

Eine weitere grundlegende Überprüfung des Konzepts konnte im Jahr 2000 im Rahmen der Erneuerung der Datenlogger nach 10-jährigem Einsatz erfolgen. Dabei wurde das 5 Jahre mit hoher Qualität laufende Datenabfragesystem vollständig erneuert. Die Ursache dafür war die veralterte, von IBM geprägte, Systemtechnik (Betriebssystem OS/2, Datenbankanbindung über „Distributed Relational Database Architecture“ und Token-Ring-Netzwerk). Als Grundlage für die Erneuerung diente das in der vorliegenden Arbeit beschriebene Konzept mit dem darin aufgestellten Informationsmodell. Die Implementierung wurde auf der Basis der Programmiersprache Java als nunmehr vollständig portable Software realisiert. Die Migration konnte wiederum sanft, also schrittweise ohne Beeinflussung der noch nicht umgerüsteten Anlagen im laufenden Produktionsbetrieb ohne wesentliche Vorlaufzeit mit geringem Arbeitsaufwand durchgeführt werden. Die Struktur der vorher in C implementierten, modularen und teilweise an die Objektorientierung angelehnten Datenabfragesoftware konnte weitgehend in Java-Klassen überführt werden. Optimale Voraussetzungen für die neue Implementierung bot das von der Implementierung aller umgebenden Komponenten unabhängige relationale Datenmodell für die Steuerung und Datenerfassung. Für Klassen des offengelegten Applikationsprotokolls (Meteo-Protokoll), die auf dem „Hit-Protokoll“ [15] basieren, konnten Bausteine des Systems HI-Tier im agrarmeteorologischen Datenmanagementsystem wiederverwendet werden. Für zukünftige Entwicklungen wurde die Modularität der Software konsequent in die ausführbaren Programme weitergegeben, so dass eine weitere Client-Server Zerlegung stattfinden konnte (Abbildung 6-1).

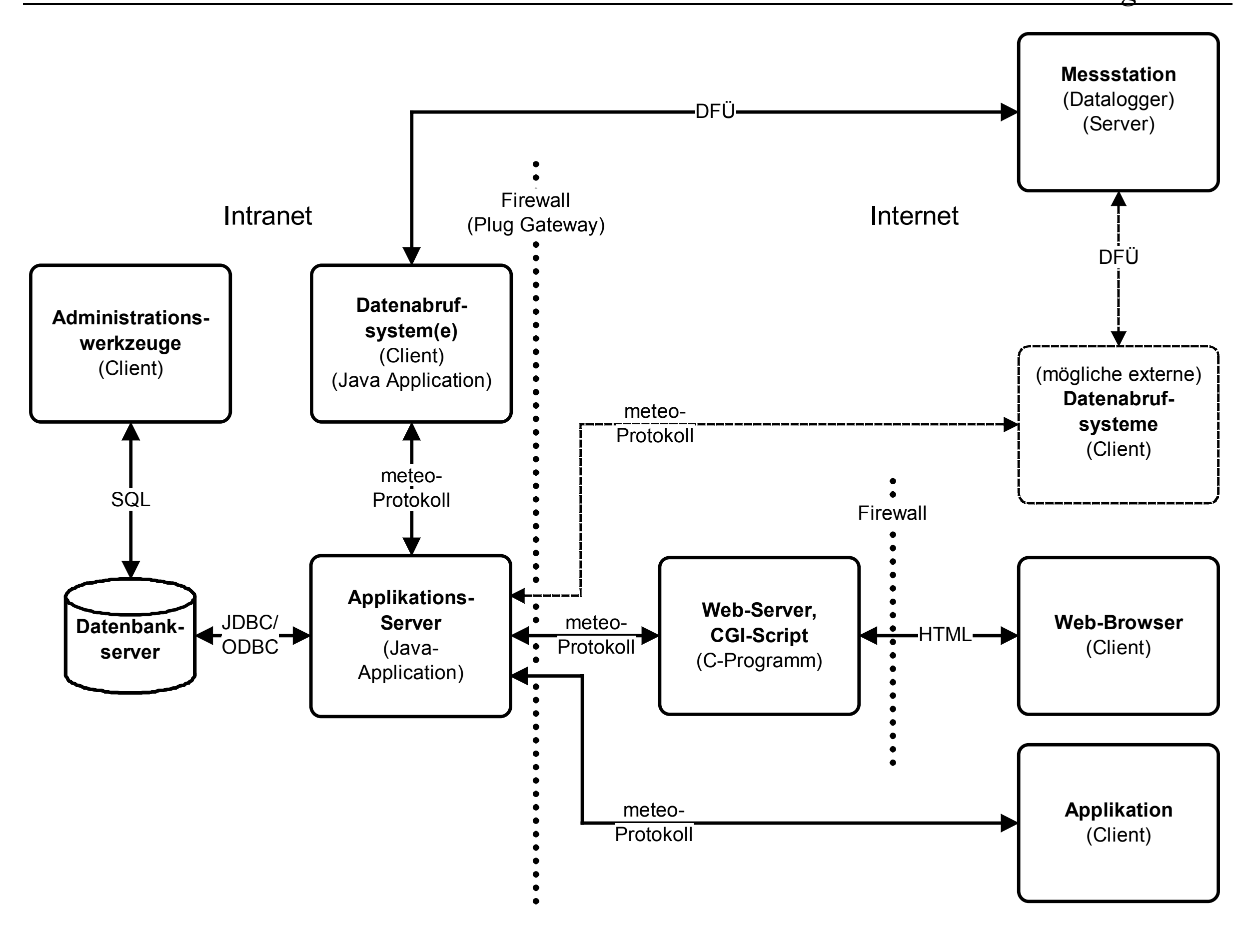


Abbildung 6-1: Schematischer Datenfluss nach der Erweiterung der Client-Server-Architektur zur Datenbereitstellung für den Datenabruf

7 Folgerungen und Ausblick

7.1 Schlussfolgerungen

Die rasante Entwicklung der Informationstechnologie erzeugt bei komplexen Informationserfassungs- und Bereitstellungssystemen den gezeigten Wiederspruch zwischen Investitionsschutz für weniger innovationsbedürftige Komponenten und neuester Technologie. Die Anpassungsfähigkeit an neue Technologien ist oft nicht nur aus technischem Interesse oder der Erweiterung um neue Möglichkeiten notwendig, vielmehr wird überholte Technologie von Kommunikationsnetzbetreibern oder Anwendern abgeschafft und neue Versionen auf Grund der stabileren und damit kostengünstigeren Betriebseigenschaften eingesetzt. Bei der Verwendung geschlossener Systeme kann dann zwangsläufig der Informationsfluss von der Informationserfassung und -bereitstellung zum Endanwender unterbrochen sein oder der Anwender müsste an ein geschlossenes System gebunden werden. Diese Bindung ist bei Anwendern, deren informationstechnische Hauptanwendungen am PC erledigt werden, auf Grund der universellen Einsatzfelder des PC nicht akzeptabel. Das gleiche Problem entsteht bei der Online-Verarbeitung der Information an dezentralen Standorten, da der Betrieb eigener - vom allgemeinen Trend unabhängiger - Kommunikationskanäle unwirtschaftlich ist. Der einzig mögliche Kompromiss ist der Einsatz von austauschbaren Komponenten. Dazu müssen die Aufgaben und Schnittstellen der einzelnen Komponenten genau definiert und abgegrenzt werden. Der Austausch muss unter technisch und wirtschaftlich realisierbaren Bedingungen stattfinden. Durch den Einsatz offener Systeme kann dieses Problem vollständig und zukunftsweisend gelöst werden. Sie sind eine Hauptgrundlage für den dauerhaften zuverlässigen Betrieb komplexer, flexibler und skalierbarer Informationssysteme. Nicht nur theoretische Ansätze, sondern auch viele professionelle, moderne Werkzeuge der Softwaretechnologie (CASE-Tools) berücksichtigen diese Grundsätze und basieren auf einer durchgängigen Modellierung [114]. Selbst wenn keine hochentwickelten Werkzeuge zur Softwareentwicklung eingesetzt werden, sind etablierte Informationsmodelle, die Bindung an Standards und eine umfassende, entwicklungsbegleitende Dokumentation durch den Einsatz standardisierter Basistechniken der Softwareentwicklung die Voraussetzung für die Realisierung als offenes System.

7.1.1 Durchgehender Einsatz von Informationsmodellen

Ausgangspunkt der Modellierung informationstechnischer Systeme ist die vollständige kybernetische Modellierung der Prozesse, die mit diesem System realisiert werden sollen. Die Modellierung bewirkt die stufenweise Zerlegung des Gesamtproblems in überschaubare Teilaspekte (Komponenten). Das Ziel der Modellierung ist nicht nur, eine Grundlage für die Implementierung zu schaffen, sondern auch bereits gelöste Teilaspekte zu entdecken und die Schnittstellen zu lokalisieren oder zu definieren. Solche Teilaspekte können durch bereits bestehende oder aus anderer Quelle verfügbare Komponenten gelöst werden. Voraussetzung für die Nutzbarkeit von Fremdkomponenten ist die Verfügbarkeit ihrer Spezifikation, also einer Charakterisierung der durch sie realisierten Funktionen oder bearbeiteten Daten in Form einer Schnittstellenbeschreibung. Dazu notwendig ist neben der Kenntnis der anwendbaren Technologie- und Funktionsstandards eine einheitliche Form der Beschreibung, die ebenfalls durch Standards vorgegeben ist. Als Standard in diesem Sinne gelten nicht ausschließlich amtlich registrierte Normen, sondern auch die sogenannten Industriestandards, die sich aus der Reaktion des Marktes ergeben.

Der offene Ansatz erzwingt vom Entwickler diese Anwendung von Standards. Er findet immer breitere Akzeptanz und wird auch von marktbeherrschenden Anbietern geschlossener Systeme bei eigenen Entwicklungen immer mehr verfolgt. Somit sind Interoperabilität und Portabilität nicht nur innerhalb der eigenen Produktreihe eines Herstellers, sondern auch nach außen realisierbar. Beim Einsatz und bei der Entwicklung von speziellen Lösungen ergeben sich daraufhin mehr Möglichkeiten, auf Standardschnittstellen basierende Fremdlösungen dort einzubinden, wo ihr Einsatz effektiv möglich ist. Typische Beispiele sind Computernetze, die auf der OSI 7-Ebenen Architektur aufbauen, relationale Datenbankmanagementsysteme mit DDL und DML auf der Basis von ANSI-SQL und einer ODBC-Schnittstelle zu Anwendungsprogrammen oder Webserver und Webbrowser, die sich auf HTTP, CSS, XML und Java-Erweiterungen stützen.

7.1.2 Allgemeines Informationsmodell

Für dezentrale Messwerterfassungssysteme kann aus dem vorgestellten Ansatz ein allgemeines abstraktes Modell aufgestellt werden. Dabei wird eine grobe organisatorische Aufteilung in dezentrale Messwerterfassungssysteme, Übertragungseinrichtungen zur Konzentration der

Messdaten, zentrale Datenspeicherung und dezentrale Datennutzung vorgenommen (Abbildung 7-1).

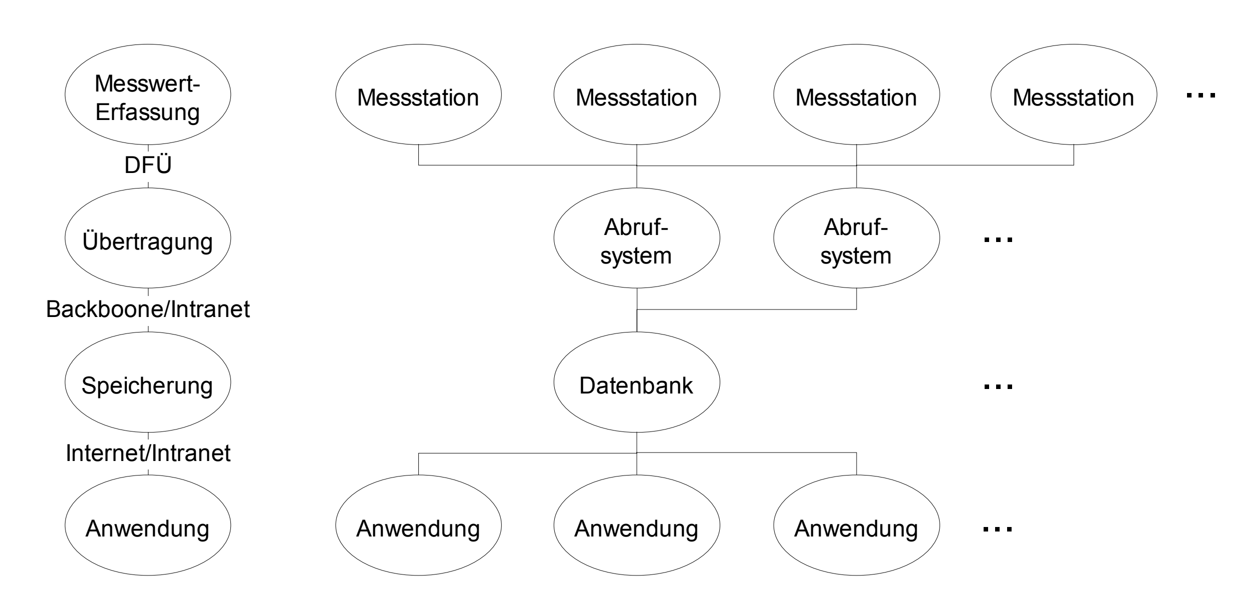


Abbildung 7-1: Organisationsmodell für Messnetze (links allgemein, rechts Beispiel mit verschieden skalierten Komponenten)

Die dem Modell zugrunde liegenden Daten können in Steuerdaten, Messdaten und beschreibende Daten aufgegliedert werden (Abbildung 7-2). Die Steuerdaten sind Grundlage für Beeinflussung und Kontrolle der Datenabruf- und Datenbereitstellungsfunktionen. Die Beschreibungsdaten charakterisieren die Messwerterfassungssysteme und deren Einsatzorte, sie könnten z.B. Metadaten für eine direkte Einbindung der Messdaten in ein geografisches Informationssystem (GIS) enthalten. Außerdem sollten sie noch eine protokollierende Aufzeichnung von die Messung begleitenden Ereignissen erlauben (Logbuch).

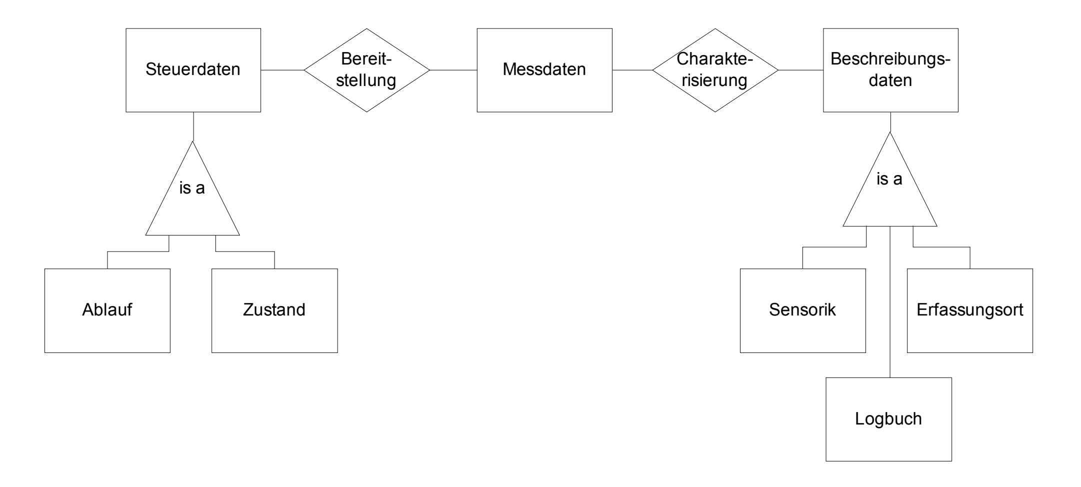


Abbildung 7-2: Allgemeines Datenmodell für Messnetze

Die grundlegenden Funktionen eines allgemeinen Datenmanagementsystems für Messnetze zeigt Abbildung 7-3. Zur Datenerfassung sind Funktionen zur automatischen Ablaufsteuerung oder eine Benutzerschnittstelle zur manuellen Datenübertragung, die Daten-(fern-) Übertragungsfunktion selbst und Hilfsmittel zur Überwachung der dezentralen Messeinrichtungen und des Erfassungssystems nötig. Vor der Datenablage sind Funktionen zur Datenprüfung und eventuell zur Zusammenfassung von Datengruppen anzuwenden. Die Datenbereitstellung ist durch Auswahl- und Formatierungsfunktionen zu unterstützen. Die eigentliche Präsentation der Daten kann im Rahmen einer grafischen Benutzerschnittstelle oder durch Übergabe an Standardprogramme realisiert werden. Zum stabilen und dauerhaften Betrieb eines Messdatenmanagementsystems sind noch Datenpflegefunktionen nötig, die Zustandsberichte erzeugen (oder Fehlerprotokolle, Nutzungsnachweise, Statistiken, etc.), sowie die Anpassung des Managementsystems an veränderte Gegebenheiten und die Optimierung des Systems (z.B. Datenreorganisationen) unterstützen.

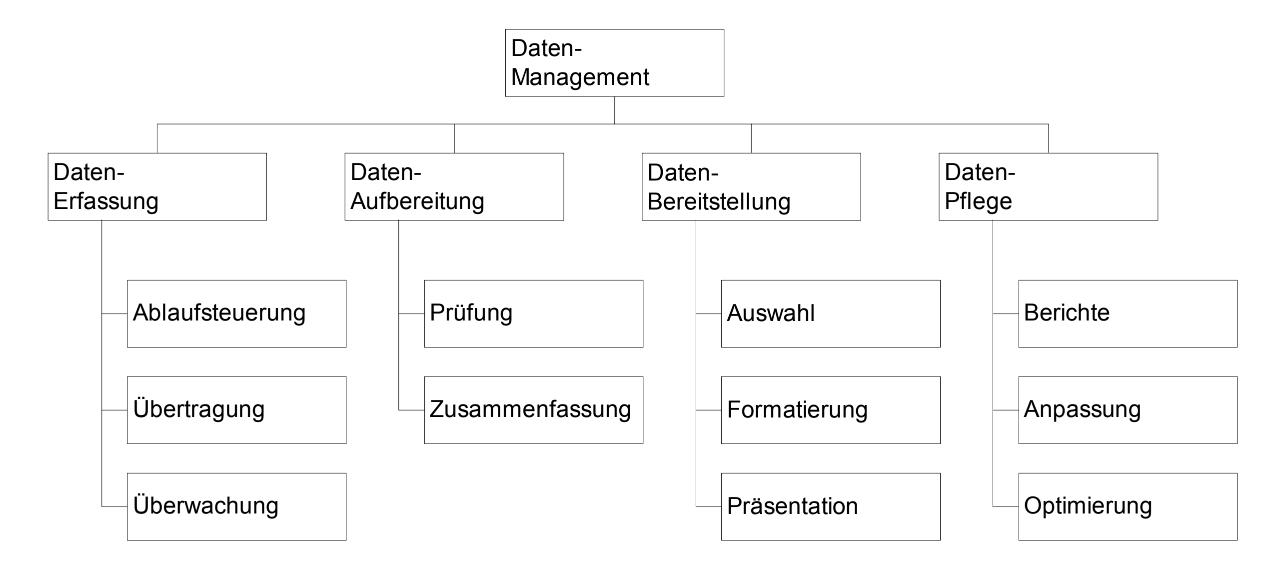


Abbildung 7-3: Allgemeines Funktionsmodell für Messnetze

7.2 Weiterführende Arbeiten

Innovationen im Bereich Informationstechnologie sind nicht nur auf Grund des Moore'schen Gesetzes, nachdem sich die Leistungsfähigkeit der Chips im Verlauf von 18-24 Monaten verdoppelt, kontinuierlich vorprogrammiert [59]. Im Internet werden augenblicklich tiefgreifende Veränderungen vorgenommen, die von neuen Anwendungen und der massiv wachsende Zahl der Endknoten gefordert werden. Auf Grund der offenen Architektur der TCP/IP Protokollfamilie ist die Erweiterung ohne Umstellung der alten Systeme möglich. Ebenso ist im Bereich der offenen Systeme auf neuesten Rechnern die Nutzung älterer Software oft möglich, da sie im Quellcode (z.B. in C) vorliegt und mit den neuen systemeigenen Entwicklungstools übersetzt auf neuen Systemen lauffähig ist.

Modulare Applikationen, die nach dem Baukastenprinzip gestaltet sind, können lange Zeit auf verschiedensten Systemen eingesetzt werden. Sie werden realisiert durch Objektorientierung, Standardschnittstellen, Client-Server-Architektur und bieten die Möglichkeit, Module (Objekte) auszutauschen, anzupassen oder zu erweitern (Vererbung, Wiederverwendbarkeit). Diese Grundsätze gelten ebenso in allen Bereichen der Agrarinformatik. Hier sind vor allem die Innovationen für die informationsintensiven Bereiche „precision Farming“ (teilflächenspezifischer Pflanzenbau), „precision livestock farming“ (rechnergestützte Tierhaltungsverfahren) sowie Betriebsmanagement einzuordnen. Im Pflanzenbau sind die Bereiche Positionserkennung/Navigation mittels Global Positioning System (GPS), Bussystem zur mobilen Maschinenkommunikation (Landwirtschaftliches Bussystem LBS) und Informationsmanagement auf der Basis von geografischen Informationssystemen (GIS) sowie die sie verbindenden intelligenten Schnittstellen die Hauptanwendungsbereiche. In der Tierhaltung übernimmt neben der elektronischen Tieridentifikation das Management des Informationsflusses zwischen Sensoren und Aktoren und die Verdichtung von Eingangsinformationen zu umsetzbaren Prozesssteuergrößen eine Schlüsselrolle. Auf Grund der Vielfalt der Informationserfassungs- und Prozesssteuerungssysteme sowie der zwischen ihnen liegenden Informationsaufbereitungs- und Verarbeitungseinheiten müssen für diese spezifischen Aufgaben Verallgemeinerungen und Normen gefunden, etabliert und angewendet werden, so dass offene Systeme entstehen. Eine weitere Bedeutung bekommt die Offenheit der informationstechnischen Systeme durch ihre enge Kopplung an die landtechnischen Anlagen, die den

größten Teil der Investition ausmachen und deren mechanische Austauschbarkeit und Modularität eine lange Tradition besitzt.

7.2.1 Standardisierung von Kommunikationskanälen

Ein wichtiger Schritt zur Schaffung offener Systeme im landwirtschaftlichen Bereich ist die Schaffung standardisierter Kommunikationskanäle. Verschiedene klassische Bussysteme, aber auch Ethernet, bieten etablierte Standards in den Ebenen 1-4 des OSI-Schichtenmodells. Insbesondere Ethernet und die TCP/IP Protokollfamilie als Grundlage der Internettechnologie im lokalen Bereich (LAN) wird in Zukunft mehr Bedeutung im Bereich Mess- und Automatisierungstechnik erlangen [161, 162] und damit für die landwirtschaftliche Prozesssteuerung im Innenbereich einsetzbar sein. Jedoch sind noch weiterführende branchenspezifische Standardisierungen anzustreben, die den direkten Datenaustausch zwischen intelligenten Sensorsystemen und Prozesssteuerungen oder Entscheidungshilfe-Systemen regeln. Ansätze sind auf der Basis EDI und ADIS/ADED zu finden [23, 68]. So wäre eine ähnliche Schnittstellendefinition, eingebettet in ein Protokoll zur Datensicherung (z.B. CAN Bus, Profi Bus oder TCP/IP) für ein agrarmeteorologisches Datenmanagementsystem die ideale offene Schnittstelle zwischen Datenlogger und Abrufsystem. Leider sind die Bemühungen zur Standardisierung in diesem Bereich gerade erst angelaufen.

7.2.2 Publikation informationstechnischer Lösungen

Für die allgemeine Nutzbarkeit von Softwareentwicklungen, die ein breites Einsatzgebiet abdecken können, ist entweder das vollständige Einhalten von Schnittstellenstandards, die Schaffung neuer Standards, der durchbrechende Einsatz auf dem Markt oder deren Veröffentlichung nötig. Da nicht für jede Aufgabe Standards bestehen und andererseits die Schaffung neuer Standards vom Entwurf bis zur Festschreibung durch ein Normungsgremium lange Zeitspannen in Anspruch nehmen kann, gewinnen sogenannte Industriestandards und offengelegte Lösungen immer mehr Bedeutung. Open Source Software (OSS) ist jedem im Quellcode zugänglich und kann unter Einhaltung organisatorischer und urheberrechtlicher Vorschriften von jedem Softwareentwickler bearbeitet oder von jedem Interessenten genutzt werden. OSS ist vom Design eng an die Grundsätze offener Systeme angelehnt; sie wird auf Grund ihrer Stabilität, Erweiterbarkeit, Sicherheit im öffentlichen und kommerziellen

Umfeld immer mehr eingesetzt (z.B. der meist eingesetzte Webserver „Apache“ [9]). Auch im landwirtschaftlichen Bereich ist der Einsatz von OSS vielversprechend [136]. Hier wird z.B. der Weg beschritten, zu einer genormten Schnittstelle im Bereich der mobilen Landmaschinen eine höhere Abstraktionsstufe für Programmierer zu schaffen, die gleichzeitig eine Objektorientierung und Standardisierung von Informationserfassungs- und Prozesssteuerungsaufgaben ermöglicht. Das in dieser Arbeit vorgestellte Applikationsprotokoll (Meteo-Protokoll) und das HIT-Protokoll sind weitere Beispiele für OSS im Agrarbereich.

7.2.3 Integrierte Informationssysteme

Das Ziel des agrarmeteorologischen Datenmanagementsystems ist die Erfassung, Ordnung und Bereitstellung von aktuellen und gesicherten Wetter- und Klimainformationen. Die weitere Nutzung dieser Informationen erfolgt im Rahmen von Entscheidungshilfesystemen oder landwirtschaftlichen Informationssystemen zum umweltschonenden Pflanzenbau. Solche Informationssysteme sind nur realisierbar, wenn die zur Verfügung stehenden Informationen von allen beteiligten Komponenten interpretiert werden können. Innerhalb von Informationssystemen fließen Datenströme zur Prozesskommunikation, zu Datenbanken, zu geografischen Informationssystemen und zu Expertensystemen. Die Ergebnisse der Verarbeitung der Daten dieser Komponenten müssen über einheitliche Benutzerschnittstellen zur Verfügung gestellt werden; dazu wiederum ist die Kommunikation zwischen Datenquellen und -verarbeitungseinheiten sowie den Benutzerschnittstellen auf standardisierten Kommunikationskanälen notwendig [83, 117]. Durch standardisierte Kommunikation wird ein offenes komplexes landwirtschaftliches Datenmanagementsystem möglich, in das in einer Art Objektbaukastensystem Komponenten für verschiedene Aspekte bedarfsgerecht integriert werden können (z.B. in der teilflächenspezifischen Pflanzenproduktion Komponenten zum Pflanzenschutz-, Dünge- oder Flottenmanagement).

Ansätze dazu sind auf der Basis von TCP/IP im Rahmen von Data Warehouse Applikationen und E-Commerce-Lösungen unter Zuhilfenahme verteilter Objektstrukturen wie CORBA, DCOM oder Java (RMI und JMS) zu finden (vgl. Kap.2.1.2).

7.2.4 Ausblick

Mit dem Einsatz offener Systeme im Bereich Agrarinformatik können allgemeine Lösungen

geschaffen werden, die sich durch Zuverlässigkeit, Anpassungsfähigkeit, Beständigkeit und Herstellerunabhängigkeit auszeichnen. Wichtiges Kriterium ist die Verwendung allgemein verfügbarer Standardlösungen und das Bestreben zur Standardisierung oder Publikation von nicht durch Standards abgedeckten, aber häufig auftretenden Teilaufgaben. Notwendig ist immer eine Modellbildung der Informationsprozesse, um Komponenten und Schnittstellen erkennen und spezifizieren zu können. Dieser Ansatz sollte auch zur Bewältigung der Datenflut beitragen können, die derzeit aus landwirtschaftlichen Prozessen gewonnen werden kann, aber ohne Systematisierung und Verarbeitung unter Verwendung von Expertenwissen nicht in direkte Empfehlungen oder Steuergrößen zur Prozessbeeinflussung umgesetzt werden kann.

So könnte in Zukunft ein agrarmeteorlogisches Messnetz aus informationstechnischer Sicht aus automatischen Messstationen bestehen, deren Datenlogger über Mobilfunk mit dem Internet verbunden sind. Sie kommunizieren mit Hilfe eines offenen Protokolls (z.B. dem Meteo-Protokoll) über Applikationsserver mit der zentralen Datenbank eines Agrar-Informations-Anbieters. Auf diesen Informationsserver greifen auf dem gleichen Weg Expertensysteme zu, deren Entscheidungen als praktische Hilfestellung für den Agrarproduzenten im WWW abrufbar sind.

8 Zusammenfassung

Wetter und Klima in der Nähe des Pflanzenbestandes spielen in der Landwirtschaft eine wichtige Rolle. Ihre Auswirkungen auf Pflanzenwachstum und Wechselwirkungen mit der Umwelt haben Einfluss auf Pflanzenschutz, Pflanzenernährung und Bewirtschaftung. Elektronische landwirtschaftliche Entscheidungshilfe- und Informationssysteme benötigen daher für pflanzenbauliche Empfehlungen regionale, aktuelle und gesicherte meteorologische Messdaten aus dem Pflanzenbestand.

Auf Grund der hohen Anschaffungs- und Betriebskosten präziser meteorologischer Messanlagen wurden Messnetze mit Messpunkten an relevanten Referenzstandorten zur Datenerhebung errichtet. Die Daten werden nach der dezentralen Erfassung in zentralen Datenbanken gespeichert und einer großen Gruppe von Anwendern zugänglich gemacht. Damit erlangt in diesen Messnetzen das Datenmanagement eine hohe Bedeutung. Zum Datenmanagementsystem zählen die dezentralen Datenerfassungsanlagen, Datenabruf- und Datenaufbereitungssystem, Datenbank sowie das Datenbereitstellungssystem.

Innerhalb des Datenmanagementsystems besteht ein Widerspruch, der den Investitionsschutz und die Zuverlässigkeit der Gesamtanlage betrifft. Dieser Widerspruch ist auf der einen Seite durch langlebige Messtechnik und auf der anderen Seite durch die rasante Geschwindigkeit der Entwicklung im Bereich der Informationstechnologie und der damit verbundenen Ablösung veralteter informationstechnischer Systeme geprägt. Agrarmeteorologische Messnetze sind wie auch andere dezentrale Messsysteme in Rechensysteme und Kommunikationsnetze eingebunden, damit ist die Verbindung von Messung und Anwender immer von der aktuell eingesetzten informationstechnischen Infrastruktur abhängig.

Soll eine kontinuierliche, kostengünstige und breite Nutzung eines Messnetzes möglich sein, muss das zugrundeliegende Datenmanagementsystem anpassungsfähig sein. Offene Systeme, die sich durch Interoperabilität, Portabilität, Standards und Skalierbarkeit auszeichnen, bieten die optimalen Möglichkeiten, diesen Anforderungen gerecht zu werden.

Der Grundgedanke offener Systeme ist die Realisierung von Hardware- und Softwaresystemen auf der Basis von Standards, so dass ein freier, leichter Zugang zu Lösungen verschiedener Anbieter ermöglicht wird. Dazu notwendig ist die Schaffung eines Modells, mit

welchem das System so in Teilaspekte zerlegt wird, dass Dienstanbieter und Dienstnehmer (Server und Clients) entstehen, die auf standardisierten Wegen Informationen austauschen. Dieses Modell basiert auf dem Einsatz standardisierter Hilfsmittel zu Planung, Definition, Entwurf und Implementierung. Auch dabei steht der Einsatz und die Schaffung von Standards im Vordergrund, so dass eine Austauschbarkeit der Komponenten zur Realisierung der Teilaufgaben gewährleistet ist.

Am Beispiel des Bayerischen agrarmeteorologischen Netzwerkes wurde ein Datenmanagementsystem entwickelt und evaluiert, welches neben verbesserten Eigenschaften die wesentlichen Vorzüge offener Systeme aufweist. Im Vergleich zu anderen agrarmeteorologischen Netzwerken zeichnet sich die realisierte Lösung funktionell durch folgende Vorteile aus:

- Minimaler Administrationsaufwand bei vollautomatischem Betrieb,
- Höchste Zuverlässigkeit,
- Flexibler Zugriff auf alle Daten über eine anwenderfreundliche, allgemein bekannte grafische Benutzerschnittstelle,
- Nutzung der moderne Kommunikationstechnologie.

Als offenes, standardbasierendes System kann das Datenmanagementsystem in verschiedenen Hard- und Softwareumgebungen eingesetzt werden und an veränderte Randbedingungen angepasst werden. Damit ist die Voraussetzung geschaffen, das System über lange Zeit mit geringen Anpassungen einzusetzen.

Durch den Entwurf als offenes System und der Realisierung als eine Client-Server-Architektur kann eine Adaption des Datenmanagementsystems für das Bayerische agrarmeteorologische Messnetz an ähnliche Aufgaben vorgenommen werden.

9 Literatur

[1] **American National Standards Institute**: Information Technology - Database Languages - SQL-Part3: Call-Level Interface (SQL/CLI). 1995

[2] **Auernhammer, H.; M. Demmel; T. Muhr; J. Rottmeier und K. Wild**: Rechnergestützte Ertragsermittlung für eine umweltschonende Düngung. In: Ackerbau unter veränderten Bedingungen - neue Techniken zur Kosteneinsparung. Freising: Landtechnik Weihenstephan 1994, S. 196.

[3] **Babiak, U.**: Effektive Suche im Internet. Cambridge: O'Reilly, 1998, 194 S.

[4] **Balzert, H.**: Lehrbuch der Software-Technik. Heidelberg: Spektrum, Akad. Verlag, 1996, 1009 S.

[5] **Bergermeier, J. und J. Haimerl**: Das Netz der agrarmeteorologischen Messstationen in Bayern - Stand und Entwicklung -. In: Vorträge zur Jahrestagung 1989. Freising: Landtechnik Weihenstephan 1989, S. 39-46.

[6] **Bergold, M.**: Modellmäßige Interpolation der Witterungsdaten im Gelände für den Einsatz in pflanzenbaulich-phytopathologischen Beratungssystemen. Dissertation: Deutscher Wetterdienst, Agrarmeteorologische Beratungs- und Forschungsstelle Weihenstephan, 1993, 193 S.

[7] **Bhatti, N.; A. Bouch und A. Kuchinsky**: Integrating User-Perceived Quality into Web Server Design. In: 9th International World Wide Web Conference, Amsterdam, May 15-19, 2000. Conference Proceedings. Amsterdam: Foretec Seminars 2000, S. 1.

[8] **Blummer, T.**: Objektverwalter, Objektdatenbanken - High-Tech-Spielzeuge oder Zukunftsmodell? -In: c't Magazin für Computertechnik (1997), Nr. 5, S. 284-295.

[9] **Borggraefe, S.**: Neuerungen in Apache 2.0. -In: iX Multiuser Multitasking Magazin (2001), Nr. 2, S. 42-46.

[10] **Buchwald, K.-O.; H. Häckel und M. Breuch-Moritz**: Beregnungsberatung nach dem Weihenstephaner Modell. -In: Landwirtschaftliches Jahrbuch 67 (1990), S. 267-274.

[11] **Bues, M.**: Offene Systeme. Berlin, Heidelberg: Springer, 1994, 271 S.

[12] **Camp, C.R.; E.J. Sadler und R.E. Yoder**: Evapotranspiration and Irrigation Scheduling - Proceedings of the International Conference November 3-6 1996. San Antonio, Texas: ASAE, 1996, 1166 S.

[13] **Campbell Scientific Ltd**: Company Profile and Installation References. Logan,Utah,USA: Campbell Scientific Inc., 1995, 13 S.

[14] **Carlson, J.D.**: Mesonet Value-Added Products to Benefit Oklahome Agriculzure. -In: Mesonet Update (1994), Nr. 4, Number 2, S. 1.

[15] **Carmanns, R.**: HIT Central Database for the Registration and Tracing of Cattle in Germany. In: Berichte der Gesellschaft für Informatik in der Land-, Forst- und Ernährungswirtschaft - IT Applications for the Agricultural Extension Service with regard to the Federal Structure of the Administration Organization in Germany. Aachen: Gesellschaft für Informatik in der Land-, Forst- und Ernährungswirtschaft 1999, S. 50.

[16] **Carmanns, R.**: HI-Tier, das nationale Herkunftssicherungs- und Informationssystem für Rinder im ersten Jahr nach seiner Einführung. In: Berichte der Gesellschaft für Informatik in der Land-, Forst- und Ernährungswirtschaft. Berlin, Weihenstephan: Gesellschaft für Informatik in der Land-, Forst- und Ernährungswirtschaft 2000, S. 306.

[17] **Chamberlin, D.D.**: A Complete Guide to DB2 Universal Database. San Francisco, Calif.: Morgan Kaufmann, 1998, 795 S.

[18] **Chen, P.**: The Entity-Relationship Model, Toward a Unified View of Data. -In: ACM Transactions on Database Systems (1976), Nr. 1, S. 9-36.

[19] **Codd, E.F.**: The Relational Model for Database Management - Version 2. Reading, Mass. u.a.: Addison-Wesley, 1990, 538 S.

[20] **Crawford, K.**: The Oklahoma Mesonet. Norman, OK: The Oklahoma Mesonetwork - Oklahoma Climatological Survey, 1993, 16 S.

[21] **Date, C.J. und C.J. White**: A Guide to DB2. Reading, Mass.: Addison-Wesley, 1993, 505 S.

[22] **Deck, S. und P. Phipps**: Critical Corp and Weather Information Go Online in Virginia. -In: Resource ASAE (1996), Nr. 2, S. 8-11.

[23] **Deutsch, M.**: Unternehmenserfolg mit EDI. Braunschweig: Vieweg, 1995, 259 S.

[24] **Deutsches Institut für Normung:** DIN 66259: Elektrische Eigenschaften der Schnittstellenleitungen; Doppelstrom, unsymmetrisch bis zu 20 Kbit/s. 1981

[25] **Deutsches Institut für Normung:** DIN 66020: Funktionelle Anforderungen an die Schnittstelle zwischen DEE und DÜE in Fernsprechnetzen. 1981

[26] **Dölz, A. und P. Galli**: A Logger Network to Monitor, Transfer and Evaluate Meteorological Data for Scab Warning in Baden Württemberg. In: Proc. of the 3rd Workshop on Integrated Control of Pome Fruit Diseases. Lofthus: Norwegian Journal of Agricultural Sciences 1994, S. 257-259.

[27] **Duke, H., R**: COAGMET - Colorado Agricultural Meteorological Network. In: Evapotranspiration and Irrigation Scheduling, Proceedings of the International Conference November 3-6 1996. San Antonio Texas: American Society of Agricultural Engineers 1996, S. 1165.

[28] **Dumke, R.**: Modernes Software-Engineering. Braunschweig: Vieweg, 1993, 309 S.

[29] **Eimern, van, Joseph. und H. Häckel**: Wetter und Klimakunde, ein Lehrbuch der Agrarmeteorologie. Stuttgart: Ulmer, 1984, 275 S.

[30] **Engel, T.**: Entwicklung und Validierung eines Simulationsmodells zur Stickstoffdynamik in Boden und Pflanze mit Hilfe objektorientierter Programmierung. Dissertation: Technische Universität München, Fak. LG, 1990, 304 S.

[31] **Englert, G. und H. Schön**: Systemtechnik in der landwirtschaftlichen Verfahrenstechnik. -In: Landtechnik (1998), Nr. 3, S. 158.

[32] **Ermert, M.**: Die Einführung des neuen IP-Standards drängt. -In: c't Magazin für Computertechnik (2000), Nr. 1, S. 32.

[33] **Färber, G.**: Prozessrechentechnik - Grundlagen, Hardware, Echtzeitverhalten. Berlin,

Heidelberg, New York: Springer-Verlag, 1994, 226 S.

[34] **Flanagan, D. und Konstantin Agouros**: Java in a Nutshell. Bonn: O'Reilly, 1997, 450 S.

[35] **Flanagan, D. und Peter Klicman**: Java in a Nutshell - Deutsche Ausgabe für Java 1.1. Köln: O'Reilly, 1998, 640 S.

[36] **Fremuth, H. und R. Zels**: OS/2 2.0. München: te-wi-Verlag, 1992, 614 S.

[37] **Friedrich, S. und F.-J. Löpmeier**: Agrarmeteorologische Aspekte zur Vorhersage witterungsabhängiger Pflanzenkrankheiten. -In: Landwirtschaftliches Jahrbuch 67 (1990), S. 245-251.

[38] **Friedrichs, T.**: Datenlogger COMBILOG 1020, Gerätebeschreibung. Schenefeld b. Hamburg: Theodor Friedrichs & Co. Meteorologische Messgeräte und Systeme GmbH, 1995, 146 S.

[40] **Friesland, H.**: Ein meteorologisch begründetes Prognoseverfahren für den Kohltriebrüssler in Winterraps. -In: Landwirtschaftliches Jahrbuch (1990), Nr. 67, S. 253-257.

[41] **Frotscher, T.**: Ein Web-Frontend für Datenbanken. -In: c't Magazin für Computertechnik (1999), Nr. 19, S. 292-300.

[42] **Geiger, K.**: Inside ODBC. Unterschleißheim: Microsoft Press, 1995, 462 S.

[43] **Gentler, G. und I. Krochmann**: Die Messung der für die Photosynthese wirksamen Bestrahlungsstärke. -In: Gartenbauwissenschaft (1978), Nr. 43, S. 271-275.

[44] **Gilgenberg-Hartung, A.**: Viel Lärm um nichts? -In: DLG Mitteilungen (1995), Nr. 3, S. 24.

[45] **Göers, J.**: Objektorientierte Datenbanken, Entstehung, Konzepte, Systeme. -In: unix/mail (1995), Nr. 1, S. html 1-8.

[46] **Görz, G.**: Einführung in die künstliche Intelligenz. Bonn: Addison-Wesley, 1993, 1056 S.

[47] **Goldfarb, C.F.**: XML-Handbuch. München: Prentice Hall, 1999, 655 S.

[48] **Gomolka, K. und D. Koenen**: Die Prüfung synoptischen Datenmaterials von Landstationen mittels EDV für klimatologische Zwecke. Offenbach am Main: Deutscher Wetterdienst, 1983, 11 S.

[49] **Günther, R.**: Das DFÜ-Konzept im agrarmeteorologischen Messnetz Thüringens. In: Kurzfassung der Referate zur 4. Arbeitstagung über Einsatz und Nutzung agrarmeteorologischer Messstationen am 28. und 29. November 1995. Mainz: Landesanstalt für Pflanzenbau und Pflanzenschutz 1995, S. 12.1-12.9.

[50] **Günther, R.**: Wettergestützte Beratungsprodukte der Thüringer Landesanstalt für Landwirtschaft für die Praxis. In: 5. Arbeitstagung über Einsatz und Nutzung agrarmeteorologischer Messstationen am 7. und 8. Dezember 1999 in Mainz. Mainz: Landesanstalt für Pflanzenbau und Pflanzenschutz 1999, S. 1.1.

[51] **Gulbins, J.**: UNIX. Berlin, Heidelberg u.a.: Springer, 1984, 413 S.

[52] **Gundavaram, S.**: CGI-Programming on the World Wide Web. Sebastopol: O'Reilly,

1996, 460 S.

[53] **Gutsche, V.**: Verfügbarkeit und Nutzung von Prognose- und Entscheidungsmodellen im Pflanzenschutz. In: Zusammenfassung der Referate zur 3. Arbeitstagung über Einsatz und Nutzung agrarmeteorologischer Messstationen am 6. und 7. Dezember 1993. Mainz: Landesanstalt für Pflanzenbau und Pflanzenschutz 1993, S. 2.1-2.4.

[54] **Häckel, H.**: Zur Messung der Benetzungsdauer von Pflanzen: Verfahren und Ergebnisse. -In: Meteorologische Rundschau (1984), Nr. 37, S. 97-104.

[55] **Häckel, H.**: Meteorologie. Stuttgart: Ulmer, 1990, 500 S.

[56] **Häckel, H. und H. Langholz**: Messungen der photosynthetisch aktiven Strahlung und Korrelation mit der Globalstrahlung. -In: Meteorologische Rundschau (1985), Nr. 38, S. 75-82.

[57] **Hamilton, G.; R. Cattell und M. Fisher**: JDBC - Datenbankzugriff mit Java. Bonn: Addison Wesley, 1998, 442 S.

[58] **Hansen, H.R.**: Einführung in die Wirtschaftsinformatik. Stuttgart u.a.: Gustav Fischer, 1992, 952 S.

[59] **Heegering, H.-G.**: Kommunikationstechnologie - Stand und Trends. In: Referate der 21. GIL-Jahrestagung in Freising - Weihenstephan 2000. Berlin, Weihenstephan: Gesellschaft für Informatik in der Land-, Forst- und Ernährungswirtschaft 2000, S. 65-73.

[60] **Helwig, J.T.**: Eine Einführung in das SAS-System. Cary, NC: SAS-Institute, 1985, 106 S.

[61] **Herhan, A. und A. Winkler**: Elektroinstallation nach DIN VDE 0100. Würzburg: Vogel, 1994, 324 S.

[62] **Hirt, C.**: Das Landwirtschaftliche Kommunikationssystem. Wien: ÖKL, 1995, 242 S.

[63] **Hoppmann, D.**: Flächendeckende agrarmeteorologische Beratung. -In: Ausbildung und Beratung (1996), Nr. 2, S. 24.

[64] **Horner**: Ein neuer Regenmesser. -In: Journal für Chemie und Physik (Hrsg. v. Schweigger) (1930), Nr. 29, S. 36-43.

[65] **Huttel, K.P.**: OS 2. Bonn: Addison-Wesley, 1992, 561 S.

[66] **IBM**: Systems Application Architecture. Cary, North Carolina: IBM, 1991, 163 S.

[67] **International Organisation for Standardisation**: ISO 7498: Open Systems Interconnection - Basic Reference Model. 1984

[68] **International Organisation for Standardisation**: ISO 11787: Machinery for Agriculture and Forestry - Data Interchange Between Management Computer and Process Computers - Data Interchange Syntax. 1995

[69] **ITI und ANSI**: Coded Character Set - 7-Bit American National Standard Code for Information Interchange. 1978

[70] **Jiranek, S.**: Konzepte, Techniken und Perspektiven von Btx-(Videotext-) Systemen im Rahmen moderner Kommunikationstechnologie. Dissertation: Technische Universität Berlin, FB20 Informatik; Berlin, 1991, 232 S.

[71] **Kast, W., K**: Einjährige Prüfung eines Funk-Messnetzes und Software-Paketes der Firma Adcon für den Einsatz im weinbaulichen Prognosewesen. In: Kurzfassung der Referate zur 4. Arbeitstagung über Einsatz und Nutzung agrarmeteorologischer Messstationen am 28. und 29. November 1995. Mainz: Landesanstalt für Pflanzenbau und Pflanzenschutz 1995, S. 8.1-8.4.

[72] **Kizer, M., A und J. Carlson D**: Scheduling Peanut Irrigation Using Oklahoma Mesonet. In: Evapotranspiration and Irrigation Scheduling, Proceedings of the International Conference November 3-6 1996. San Antonio Texas: American Society of Agricultural Engineers 1996, S. 1165.

[73] **Kleinert, T.**: DWD Projekt Meβnetz 2000. http://www.dwd.de/general/projects/mn2000/mn2000.html

[74] **Kleist, J.**: CoAgMet Collorado. http://ulysses.atmos.colostate.edu/-coag/

[75] **Klute, R.**: Das World-Wide-Web. Bonn: Addison-Wesley, 1996, 415 S.

[76] **Köbsell, H.**: Anforderungen an Datenkollektive zur Abschätzung der Einsatzmöglichkeiten von Arbeitsverfahren in der Pflanzenproduktion. -In: Landwirtschaftliches Jahrbuch (1990), Nr. 67, S. 165-169.

[77] **Kozai, T.**: Aritifical intelligence in agriculture 1998. Oxford: Pergamon, 1998, 205 S.

[78] **Krückeberg, F. und O. Spaniol**: Lexikon Informatik und Kommunikationstechnik. Düsseldorf: VDI-Verlag, 1990, 961 S.

[79] **Labs, L.**: Byteschieber - Filenetze in Deutschland. -In: c't Magazin für Computertechnik (1995), Nr. 11, S. 298.

[80] **Lambrecht**: FMA186 Datentransfer ab Firmware 3.0. Göttingen: Wilh. Lambrecht GmbH, 1993, 29 S.

[81] **Wilhelm Lambrecht GmbH und CLG Computerdienst GmbH**: FMA-PC, Programm zur Steuerung von automatischen Fernmessanlagen und zur Auswertung von meteorologischen Daten. Pfarrkirchen/Ndb: CLG Computerdienst für Landwirtschaft und Gewerbe, 1988, 64 S.

[82] **Landtechnik Weihenstephan**: Beschreibung des Programmsystems wdb. Freising: Internes Arbeitsmaterial, Landtechnik Weihenstephan, 1996, 32 S.

[83] **Linseisen, H.; A. Spangler; K. Hank; P. Wagner T. Steinmayr; M. Demmel; H. Auernhammer; I. Manakos; T. Schneider und J. Liebler**: Daten, Datenströme und Software in einem Informationssystem zur teilflächenspezifischen Pflanzenproduktion. -In: Zeitschrift für Agrarinformatik (2000), Nr. 2, S. 36-43.

[84] **Lippmann, S.B.**: C++ Einführung und Leitfaden. Bonn u.a.: Addison-Wesley, 1991, 621 S.

[85] **Löpmeier, F.-J. und S. Friedrich**: Entscheidungshilfen nutzen, rechtzeitig bekämpfen-Vorhersage für Mehltau per Telefax. -In: dlz Agrarmagazin, Die Landwirtschaftliche Zeitschrift für Management, Produktion und Technik (1994), Nr. 1, S. 54-56.

[86] **Löpmeier, F.J.**: Übersicht über witterungsabhängige pflanzenschutzrelevante Vorhersageverfahren des Deutschen Wetterdienstes. -In: Mitteilungen a. d. Biolog. Bundesanstalt (1996), Nr. 321, S. 337.

[87] **MacCracken, D.D.; D.G. Golden und R. Gritsch**: Einführung in COBOL-85 und Anleitung zur strukturierten Programmierung. München, Wien: Oldenbourrg, 1990, 932 S.

[88] **Mansfield, N.**: Das Benutzerhandbuch zum X Window-System. Bonn u.a.: Addison-Wesley, 1990, 454 S.

[89] **Martin, J.**: Einführung in die Datenbanktechnik. München, Wien: Hanser, 1981, 369 S.

[90] **MeteoSchweiz**: Agrarmeteorologische Infos. http:/www.sma.ch/dienste/landwirtschaft.html. 2001

[91] **Metternich, P.**: Klimarelevante Beobachtungen in Deutschland. Karlsruhe: Kernforschungszentrum Karlsruhe GmbH, 1993, 606 S.

[92] **Middleton, B.; B. Deng und C. Kemp**: Web-Programmierung mit Perl 5. Haar bei München: Markt & Technik, 1997, 457 S.

[93] **Moos, A.**: Datenbank-Engineering; Analyse, Entwurf und Implementierung relationaler Datenbanken mit SQL. Braunschweig: Viehweg, 1997, 397 S.

[94] **Niepold, F.**: Internationales Symposium Computergestützte Prognose- und Entscheidungsmodelle im Pflanzenschutz. Bonn: Bundesministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten, 1993, 219 S.

[95] **Nigge, V.**: Erweiterung des Wetterdaten-Angebotes für proPlant durch die Integration von Daten zusätzlichen Anbieter. In: Kurzfassung der Referate zur 4. Arbeitstagung über Einsatz und Nutzung agrarmeteorologischer Messstationen am 28. und 29. November 1995. Mainz: Landesanstalt für Pflanzenbau und Pflanzenschutz 1995, S. 13.1-13.5.

[96] **N.N.**: Benutzeranleitung für Controller CW1 zur Wetterdatenübertragung. Freising: Bayer. Landesanstalt für Landtechnik Weihenstephan, 1994, 17 S.

[97] **N.N.**: SYBIL, European Previsional Model Based Decision Support Systems using Agro-Meteorological Data (P.M.D.A). München, Trento, Paris, Folum: Eropean Community, Agricultural Decision Support, 1995, 75 S.

[98] **N.N.**: The Oklahoma Mesonet. http://okmesonet.ocs.ou.edu/. 1998

[99] **N.N.**: SILO - A Rich Resource of Meteorological and Agricultural Information. http://www.bom.gov.au/silo/. 1998

[100] **N.N.**: Utah Mesonet. http://www.met.utah.edu/jhorel/html/mesonet/info/information.html. 1998

[101] **N.N.**: SCO - State Climate Office of North Carolina. http://www.nc-climate.ncsu.edu/sco/agnet/agnet.html. 1998

[102] **N.N.**: CIMIS - California Irrigation Managemant Information System. http://wwwdla.water.ca.gov/cimin/cimis/hq/. 1998

[103] **Nüssel, S.:** „Umweltgerechter Pflanzenbau“, Ein Programm stellt sich vor. –In: Pressekonferenz des Bayer. Staatsministers für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten. München: BayStMELF, 1988

[104] **Petroski, T., John.**: The Texas MesoNet Program.

http://www.met.tamu.edu/texnet/mesonet.html. 1998

[105] **Pollem, N.**: PHP: eingebettete Scriptsprache. -In: iX Multiuser Multitasking Magazin (1999), Nr. 7, S. 76-80.

[106] **Pomberger, G. und G. Blaschek**: Software - Engineering: Prototyping und objektorientierte Software - Entwicklung. München, Wien: Carl Hanser, 1996, 337 S.

[109] **Prasad, N.S.**: IBM Mainframes, Architecture and design. New York: McGraw-Hill Book Company, 1989, 332 S.

[110] **Precht, M. und R. Kraft**: Bio-Statistik. München: R. Oldenbourg, 1993, 460 S.

[111] **Precht, M.; N. Meier und J. Kleinlein:** EDV-Grundwissen: eine Einführung in Theorie und Praxis der modernen EDV. Bonn; Paris (u.a.): Addison-Wesley, 1996, 436 S.

[113] **Raasch, J.**: Systementwicklung mit strukturierten Methoden: ein Leitfaden. München, Wien: Carl Hanser, 1993, 488 S.

[114] **Rauch, W.**: Open Systems Engineering. New, York: Wiley, 1996, 400 S.

[115] **Reiner, L.; J. Bergermeier; K. Brenner; S. Rössler; et al.**: Integrierte Pflanzenproduktion durch EDV-Planungs- und Prognosemethoden. In: Beiträge zur Hochschultagung 1987. Freising: Technische Universität München 1987, S. 43-48.

[116] **Rompel, H.**: IBM-Computerwelt-Guide. Vaterstetten bei München: IWT-Verlag GmbH, 1992, 336 S.

[117] **Rottler, W.**: Aufbau eines integrierten Informations-, Kommunikations- und Datenbanksystems zur Unterstützung verteilter Forschungseinrichtungen. Dissertation: TU-München, Fakultät Landwirtschaft und Gartenbau, 1995, 203 S.

[118] **Schaaf, T.**: Integration von Modellansätzen zur Bodenbearbeitung und Düngung in den Baukasten für Stickstoffmodelle EXPERT-N. Dissertation: Technische Universität München, 1997

[119] **Scheer, A.-W.**: Architektur integrierter Informationssysteme. Berlin u.a.: Springer, 1992, 210 S.

[120] **Scheid, C.**: Novell NetWare Btrieve. Bonn, München: Addison Wesley, 1992, 164 S.

[121] **Scheller, M.; K.-P. Boden; A. Geenen und J. Kampermann**: Internet: Werkzeuge und Dienste. Berlin, Heidelberg: Springer, 1994, 368 S.

[122] **Schenk, G.**: CCITT-Empfehlungen der V-Serie und der X-Serie. Heidelberg, Hamburg: R.v.Deckers Verlag, 1982, 328 S.

[123] **Schlichtegroll, R.**: Realisierung eines kostengünstigen Gerätes zur Erfassung von meteorologischen Messwerten in landwirtschaftlichen Kulturen. Diplomarbeit: Institut für Landmaschinen der Technischen Universität München, 1984, 290 S.

[124] **Schmitt, G.**: Mikrocomputertechnik mit 8086-Prozessoren. München: Oldenbourg, 1994, 382 S.

[125] **Schrödter, H.**: Wetter und Pflanzenkrankheiten. Berlin: Springer, 1987, 191 S.

[126] **Schrüfer, E.**: Elektrische Messtechnik. München, Wien: Carl Hanser, 1988, 470 S.

[127] **Schwetlick, H.**: PC - Messtechnik. Braunschweig/Wiesbaden: Vieweg, 1997, 408 S.

[128] **Sedgewick, R.**: Algorithmen in C++. Bonn, München, Paris u.a.: Addison-Wesley, 1992, 742 S.

[129] **Seifert, M.**: Digitale Schaltungen. Berlin: Verlag Technik, 1986, 560 S.

[130] **Seifert, M.**: Analoge Schaltungen. Berlin: Verlag Technik, 1988, 579 S.

[131] **Sevruk, B.**: Methodische Untersuchungen des systematischen Messfehlers der Hellmann-Regenmesser im Sommerhalbjahr in der Schweiz. Zürich: Eidgenössische Technische Hochschule Zürich, 1981, 297 S.

[132] **Siegel, J.**: CORBA, Fundamentals and Programming. New York: Wiley, 1996, 693 S.

[133] **Siever, E. und A. Oram**: Linux in a Nutshell. Sebastopol: O'Reilly, 1999, 628 S.

[134] **Simon, A. und T. Wheeler**: Open Systems Handbook. Cambridge, London: Academoc press, 1995, 285 S.

[135] **Sorensen, R.**: Inside Microsoft Windows NT Internetentwicklung. Unterschleiβheim: Microsoft Press Deutschland, 1998, 311 S.

[136] **Spangler, A. und H. Auernhammer**: Die LBS Programmbibliothek - erstes open Source Modell in der Landwirtschaft. In: Proceedings of the 2nd Sapporo International Symposium 2000: Electronic Farm Communication with LBS. Hokkaido, Japan: Hokkaido Branch of JSAM 2000, S. 89-115.

[137] **Spieβ, B. und H. Auernhammer**: Vergleich der Abgrenzung der Klimaregionen nach KTBL und Praxiserhebungen in Bayern für die Arbeitszeitplanung von Feldarbeiten. In: Bornimer Agrartechnische Berichte. Potsdam-Bornim: Institut für Agrartechnik Bornim e.V. 1997, S. 122-133.

[138] **Stangl, F.**: Erstellung einer objektorientierten Entwicklungs- und Auswertungsumgebung zum rechnergestützten Pflanzenschutz. Dissertation: Fakultät für Landwirtschaft und Gartenbau der Technischen Universität München, 1994, 198 S.

[139] **Stanzel, H.**: Einsatzmöglichkeiten von Sensorsystemen in der Pflanzenproduktion. In: Vorträge zur Jahrestagung 1989. Freising: Landtechnik Weihenstephan 1989, S. 27-38.

[140] **Stanzel, H. und H. Auernhammer**: Kleinwetterstation für den landwirtschaftlichen Betrieb. In: Tagungsband zum Fachgespräch Prozesssteuerung in der Tierhaltung - Erste Erfahrungen -. Freising: Landtechnik Weihenstephan, SFB 141 1985, S. 105-114.

[141] **Stolzenberger, A.**: Online ohne Web. -In: OS/2 Inside Die unabhängige Zeitschrift für OS/2-Anwender (1996), Nr. 10, S. 28-33.

[142] **Stürner, G.**: Oracle7 - Die verteilte semantische Datenbank. Weissach/Württ.: dbms publishing, 1996, 452 S.

[143] **Teuffel, M.**: TSO: Time Sharing Option im Betriebssystem MVS. München: Oldenbourg, 1987, 416 S.

[144] **Tischner, H.**: Fungizid-Modelle im Vergleich. -In: DLG Mitteilungen (1995), Nr. 3, S. 18.

[145] **Tränkler, H.-R.**: Taschenbuch der Messtechnik (mit Schwerpunkt Sensortechnik). München: R. Oldenbourg Verlag GmbH, 1989, 202 S.

[146] **Tsichritzis, D.C. und A. Klug**: The ANSI/X3/SPARC/ DBMS Framework Report of the Study Group on Database Management Systems. -In: Information Systems (1978), Nr. 3, S. 173-191.

[147] **Vaitl, W.**: Agrarmeteorologisches Messnetz in Bayern. -In: Landwirtschaftliches Jahrbuch (1990), Nr. 67, S. 171-175.

[148] **Verein Deutscher Ingenieure**: VDI 3786 Blatt 5: Meteorologische Messungen für Fragen der Luftreinhaltung - Globalstrahlung, direkte Sonnenstrahlung und Strahlungsbilanz. 1986

[149] **Verein Deutscher Ingenieure:** VDI 3786 Blatt 13: Meteorologische Messungen für Fragen der Luftreinhaltung - Agrarmeteorologische Messungen. 1991

[150] **Vogel, A. und M. Rangarao**: Programming with Enterprise Java Beans, JTS and OTS. New York: Wiley, 1999, 368 S.

[151] **Volk, T. und J. Frahm**: System proPlant: Wetterdaten auswerten. -In: dlz Agrarmagazin, Die Landwirtschaftliche Zeitschrift für Management, Produktion und Technik (1991), Nr. 3, S. 18-20.

[152] **Volk, T.; A. Johnen und G. Klingenhagen**: Was proPlant jetzt bietet. -In: DLG Mitteilungen (1995), Nr. 3, S. 28.

[153] **Vossen, G.**: Datenbankmodelle, Datenbanksprachen und Datebankmanagement-Systeme. München: Oldenbourg, 1999, 770 S.

[155] **Wagner, D.G.**: Jenseits von Schema F, Datenmodelle - Strickmuster für Datenbanken. -In: c't Magazin für Computertechnik (1997), Nr. 5, S. 276-282.

[156] **Wall, L.; T. Christiansen und R. Schwartz L**: Programming Perl. Sebastopol: O'Reilly & Assocciates, 1996, 645 S.

[157] **Weigand, J.**: Datenfluβ und Datenweiterverarbeitung im agrarmeteorologischen Meβnetz in Bayern. In: Protokoll der 2. Sitzung des freien Arbeitskreises Agrarmeteorologie am 30.11.94 in Mainz. Mainz: LPP 1995, S. A1 1-7.

[158] **Welsh, M. und L. Kaufmann**: Running Linux. Bonn u.a.: O'Reilly, 1996, 630 S.

[159] **Wendl, G.; G. Fröhlich; F. Wendling; J. Bergermeier und K.-H. Jäger**: Datenübertragung im agrarmeteorologischen Meβnetz in Bayern. In: Landtechnik 1994, Stuttgart-Hohenheim, 13./14. Oktober. Düsseldorf: VDI-Gesellschaft Agrartechnik,Max-Eyth-Gesellschaft für Agrartechnik 1994, S. 70.1-70.3.

[160] **Wittmann, O.**: Standortkundliche Landschaftsgliederung von Bayern. In: Materialien 21. München: Geolog. Landesamt 1983

[161] **Wollert, J.**: Ethernet in der Automatisierungstechnik. Teil 1: Herkömmliche Feldbusse im Vergleich zu Ethernet. -In: Elektronik, Fachzeitschrift für industrielle Anwender und Entwickler (2000), Nr. 15, S. 68-77.

[162] **Wollert, J.**: Ethernet in der Automatisierungstechnik. Teil 2: Grenzen und Möglichkeiten des industriellen Ethernet-Einsatzes. -In: Elektronik, Fachzeitschrift für industrielle Anwender und Entwickler (2000), Nr. 21, S. 66-75.

[163] **Zimmermann, J.**: Nutzung von Wetterdaten aus unterschiedlichen Gerätetypen des agrarmeteorologischen Messnetzes des Freistaates Sachsen zur Entscheidungsfindung

im Pflanzenschutz. In: Kurzfassung der Referate zur 4. Arbeitstagung über Einsatz und Nutzung agrarmeteorologischer Messstationen am 28. und 29. November 1995. Mainz: Landesanstalt für Pflanzenbau und Pflanzenschutz 1995, S. 10.1-10.3.

[164] **Zivadinowic, D.**: Auffahrt zur Infobahn - Modems oder ISDN-Adapter für Amiga, Atari, Mac und PC. -In: c't Magazin für Computertechnik (1995), Nr. 12, S. 170.

[165] **Zivadinowic, D.**: Drahtlose Daten - D1 und E-Plus: Fax, Datenübertragung unterwegs. -In: c't Magazin für Computertechnik (1995), Nr. 10, S. 206.

[166] **Zivadinowic, D.**: Information a la carte - Mailboxen Leistungen und Zukunftsaussichten. -In: c't Magazin für Computertechnik (1995), Nr. 5, S. 234.

[167] **Zollfrank, U.**: Agrarmeteorologisches Messnetz Rheinland-Pfalz. http://www.agrarinfo.rpl.de/lppmainz/Wetterdaten/AuswahlAMM.htm. 1998

A Offenes Übertragungsprotokoll für den Applikationsserver (Meteo-Protokoll)

Das Protokoll definiert Befehle und Antworten, die grob betrachtet aus Paketen bestehen. Diese wiederum sind aus einzelnen Feldern aufgebaut, welche selbst wieder untergliedert sein können. Die Felder sind durch reservierte Zeichen (Separatoren) getrennt; die Pakete mit einem Abschlusszeichen (Zeilenschaltung) versehen. Die einzelnen Pakete bestehen aus Einleitung, Aktion/Reaktion (Resultat), Objektauswahl und einem Datenteil. Diese Felder sind durch den Separator „:" getrennt (siehe Tabelle A-1 und Tabelle A-2).

Tabelle A-1: Aufbau einer Anfrage im Meteo-Protokoll (Backus-Nauer-Form)

Datenelement	**Struktur**	
Anfrage	Anfrage =	Einleitung + „:" + Aktion + „:" + Objekt + „:" + (Datenliste)
Einleitung	Einleitung =	Kennung + Nummer + („+" + Unternummer)
Aktion	Aktion =	Aktionscode + Stückelung + („/" + Sub-Code)
Objekt	Objekt =	Meldung + „/" + [Feldname | „*"] + { „;" + Feldname }
Datenliste	Datenliste =	Datenelement + { „;" + Datenelement }

Tabelle A-2: Aufbau einer Antwort im Meteo-Protokoll (Backus-Nauer-Form)

Datenelement	**Struktur**	
Antwort	Antwort =	Einleitung + „:" + Resultat + „:" + Objekt + „:" + (Textliste)
Einleitung	Einleitung =	Kennung + Befehlsnummer + („+" + Unternummer) + („%" + Antwort-Teilnummer)
Resultat	Resultat =	Schwere + „/" + Antwortcode
Objekt	Objekt =	Meldung + „/" + [Feldname | „*"] + { „;" + Feldname }
Textliste	Textliste =	Textelement + { „;" + Textelement }

Der Aufbau unterscheidet sich nach Befehls- (Anfrage-) Paketen des Clients und Antworten des Servers, die aus den erfragten Daten oder einer einfachen Bestätigung bzw. einer Fehlermeldung bestehen. Sowohl die Befehle, als auch die Antworten können aus mehreren

Paketen bestehen. Die Kennung bestimmt Befehls- oder Antwortbeginn (+ oder %) und -Ende (* oder =). Eine Möglichkeit zur Übertragung von Sonderzeichen, die nicht im ASCII-Zeichensatz vorhanden oder zur Protokollsteuerung reserviert sind (Kennungen, :;= etc.), wird durch eine hexadezimale Umschreibung realisiert (quoted Hex Darstellung, wie sie auch im CGI verwendet wird, siehe http://teamone.de/selfhtml/tgbf.htm#a2).

Als Aktions-Codes werden „Ausführen eines Kommandos“ (eXecute, X) und „Rückgabe von angeforderten Daten“ (Retrieve, R) verwendet. Es sind weiterhin noch „Einfügen von Daten“ (Insert, I) und „Aktualisieren von Daten“ (Update, U) definiert. Als Stückelung für Abfragen (Retrieve) wird vorrangig „satzweise“ (S) verwendet, also auf jede Anfrage wird eine sofortige Antwort erwartet. Bei der Datenübertragung zum Server (Execute, Insert, Update) können blockweise Stückelungen (B) vorgenommen werden, um die Daten innerhalb eines Blockes als Einheit zu bearbeiten (Plausibilisierung, Festschreiben in der Datenbank). Als Meldungen kommen im Meteo-Protokoll, Version 2 in Frage:

- Verschiedene Kommandos (Aktion = eXecute):
    - LOGON, zum Start der Verbindung, Benutzer-Zugangsprüfung,
    - LOGOFF, Abmelden und Verbindungsabbau,
    - CONTROL, Steuer- und Kontrollkommandos,
    - CNPAR, Steuerung des Datenlieferungs-Systems,
    - CNVLR, Ablaufsteuerung der Datenlieferung,
    - DSLOGC, Protokoll der Datenlieferung,
    - VLR, Rohdateneintrag,
- Verschiedene Datenobjekte entsprechend des Data-Dictionary (Aktion = Retrieve) als Parameter für ein auszuführendes Datenbank-Abfragekommando (Select, vergl. HIT-Query-Language, http://www.HI-Tier.de/Entwicklung/Konzept/HITP/feink041.html, HIT-QL)

Die möglichen Feldnamen (Attribute) für die Kommandos sind in Tabelle A-3 ersichtlich. Bei Datenbank-Abfrage (Retrieve) ist die Meldung identisch mit der Entität und die möglichen Felder entsprechen den Namen der Attribute der Datenbank-Relationen (Tabellenspal-

ten). In der Datenliste werden SQL-Query-Elemente wie Bedingungen und Sortierungen angegeben (Tabelle A-4).

Die Antworten beginnen ebenfalls mit einer eindeutigen Kennung, der fortlaufenden Nummer zur Zuordnung zur gleichlautenden Anfrage mit einer Unternummer zur Spezifikation von Antworten auf zusammengesetzte Anfragen und evtl. einer innerhalb der Antwort fortlaufenden Nummer für mehrteilige Antworten. Es schließt sich ein Resultats-Code an, der die „Schwere" des möglicherweise aufgetretenen Fehlers (Skala: 0 = fehlerfrei bis 4 = sofortiger Abbruch nötig) und einen Fehlercode angibt. Eine Ausnahme bilden Antwortfelder, bei denen der Fehlercode 0 durch –1 ersetzt wird. Dann folgt analog zur Anfrage die Beschreibung der Objekte, auf die sich die Antwort bezieht und der eigentliche Antworttext, der in Fehlerfall auch ein Hinweis in Klartext sein kann. Somit ergeben sich zwei grundlegende Arten von Antworten, nämlich reine Quittungen (z.B. `=1:0/0::` für eine erfolgreiche Bearbeitung der ersten Anfrage) und komplexe Datensätze (z.B. Antwort auf die Abfrage von Tagesdaten).

Tabelle A-3: Kommandos im Meteo-ProtokollProtokoll, Aktion = X

Meldungen	**Felder**	**Antwort**	**Beschreibung**
LOGON	BNR15 – Benutzernummer PIN – Persönliche Indentifikation optional: MELD_WG – Meldeweg STATNR – Stationsnummer	Quittung	Öffnen der Datenbankverbindung, Voraussetzung für alle weiteren Meldungen
LOGOFF	Keine	Quittung	Schließen der Datenbankverbindung
CONTROL	DATADICT (keine Daten)	Textfeld	DataDictionary
	LOGFILE (keine Daten)	Textfeld	Protokoll über die aktuelle Sitzung (Logbuch)
	MESSAGE – Mitteilungstext	Quittung	Eintragen von Mitteilungen in das Logbuch
	PRIVILEG (keine Daten)	Textfeld	
CNPAR	COM – Kommunikationsmodul PROGSTAT – Programmstatus	Quittung	Eintragen des aktuellen Programmstatus

<table>
<tr><th>Meldungen</th><th colspan="3">Felder</th><th>Antwort</th><th>Beschreibung</th></tr>
<tr><td rowspan="3">CNVLR</td><td colspan="3">Alle Attribute entsprechend Datadictionary</td><td rowspan="3">Quittung oder Daten</td><td>Abfragen der Parameter für die nächst abzuarbeitende Station</td></tr>
<tr><td rowspan="2">SET</td><td>OK
RETRY
DELAY</td><td>STATNR
REQTIME
LASTDATA</td><td>Setzen der Parameter für eine Station</td></tr>
<tr><td colspan="2">START
STOP</td><td>Rücksetzen der Parameter für alle Stationen</td></tr>
<tr><td>DSLOGC</td><td colspan="3">STATNR – Stationsnummer
REQTIME – Abrufzeitpunkt
optional:
CONSTART – Verbindungsstart
CONEND – Verbindungsende
FMATS – Zeitstempel der Station</td><td>Quittung</td><td>Eintragen von Logbuchmeldungen</td></tr>
<tr><td>VLR</td><td colspan="3">MTKEY – Messzeitpunkt
STATNR – Stationsnummer
Sensorfelder entsprechend Datadictionary</td><td>Quittung</td><td>Eintragen oder Überschreiben von Roh-Messdaten</td></tr>
</table>

Tabelle A-4: Befehlsaufbau der Abfragen (Backus-Nauer-Form)

<table>
<tr><th>Token</th><th>Definition</th><th>Bemerkung</th></tr>
<tr><td><Befehl></td><td><Einleitung>:<Aktion>:<Objekt>:
<Queryelemente></td><td>4 Haupt-Elemente, mit Doppelpunkt getrennt</td></tr>
<tr><td><Einleitung></td><td>analog zu Meteo-Protokoll</td><td>Siehe oben (Aufbau, Tabelle A-1)</td></tr>
<tr><td><Aktion></td><td><Aktions-Code><Stückelung>
[/<Sub-Liste>]</td><td></td></tr>
<tr><td><Aktions-Code></td><td>R</td><td>R (=Retrieve)</td></tr>
<tr><td><Stückelung></td><td>S</td><td>S (=Satz)</td></tr>
<tr><td><Objekt></td><td>[<Meldung>][/<Feldliste>|<*>]</td><td>Siehe oben (Aufbau)</td></tr>
<tr><td><Feldliste></td><td><Feld> [;<Feldliste>]</td><td>ein Feld oder eine Funktion, bzw. mehrere Semikolon getrennte Felder</td></tr>
<tr><td><Feld></td><td><Feldname>|<Feldfunktion></td><td></td></tr>
<tr><td><Feldname></td><td>BNR15|PIN|...</td><td>Komplette Liste je nach Meldung, siehe Meldungselemente oder Datadictionary</td></tr>
</table>

<table>
<tr><th>Token</th><th>Definition</th><th>Bemerkung</th></tr>
<tr><td><Feldfunktion></td><td>COUNT[(DISTINCT](<Feldname>)[)]
|
AVG|MIN|MAX(<Feldname>)|...</td><td>Zulässige SQL Funktionen</td></tr>
<tr><td><*></td><td>* (Stern)</td><td>* (Stern) an Stelle der Feldliste bedeutet alle Felder</td></tr>
<tr><td><Queryelemente></td><td><Bedingungsliste>
[;<Sortierung>|<Gruppierung>]</td><td>Bestandteile der Abfrage</td></tr>
<tr><td><Bedingungsliste></td><td><Bedingungselement>
[;<Verknüpfung>;<Bedingungsliste]</td><td>eine Abfragebedingung oder mit Semikolon und Verknüpfungsoperator verbunden mehrere Abfragebedingungen</td></tr>
<tr><td><Bedingungselement></td><td><Feldname>;<Operator>; <Vergleichsliste></td><td></td></tr>
<tr><td><Feldname></td><td>BNR15 | STATNR | ...</td><td>Feld je nach abzufragender Datenstruktur</td></tr>
<tr><td><Operator></td><td>EQ | = | GT | > | IN | ...</td><td>Vergleichsoperator (siehe Operator-Liste, Tabelle A-5)</td></tr>
<tr><td><Vergleichsliste></td><td><Feldinhalt>|<Konstantenliste></td><td>je nach Operator ein, zwei oder mehrere Angaben mit Inhalt eines Feldes oder Konstanten</td></tr>
<tr><td><Feldinhalt></td><td>[<Feldname>] , z.B. [BNR15]</td><td>Feldname einer Tabellenspalte in eckigen Klammern. Die Klammer sind nötig um einen Spalteninhalt von einer String-Konstanten unterscheiden zu können.</td></tr>
<tr><td><Konstantenliste></td><td><Konstante>[;<Konstante>]</td><td>ein bzw. mehrere Semikolon getrennte Konstanten</td></tr>
<tr><td><Konstante></td><td><Zahl>|<String>|
<Datum>|<Zeit>|<Timestamp></td><td>Typ der Konstante muss dem Typ des zu vergleichenden Feldes entsprechen</td></tr>
<tr><td><Zahl></td><td>z.B. 100 oder 123.78 oder –1</td><td>Zahl mit Ziffern, Vorzeichen und Dezimalpunkt</td></tr>
<tr><td><String></td><td>z.B. Meier</td><td>Text ohne jegliche Hochkommas, Sonderzeichen sind hex-quoted</td></tr>
<tr><td><Datum></td><td>T.M.J</td><td>Deutsches Format, mit T=1 oder 01...31, M=1 oder 01...12, J=1 oder 01...99 bzw., 1900...2100</td></tr>
<tr><td><Zeit></td><td>H.N[.S]</td><td>Deutsches Format, mit H= 0...23, N= 0...59, S= 0...99</td></tr>
</table>

Token	Definition	Bemerkung
<Timestamp>	T.M.J/H.N[.S.X]	Deutsches Format, mit X=0 oder 000000...999999
<Verknüpfung>	AND | OR | AND NOT | OR NOT	Logische Verknüpfung zwischen den Bedingungen (siehe Verknüpfungs-Liste, Tabelle A-6)
<Sortierung>	ORDER;<Sortliste>	Schlüsselwort 'ORDER' gefolgt von Sortierelementen
<Sortliste>	<Sortelement>[;<Sortliste>] [;<Sortfolge>]	ein oder mehrere Angaben mit Semikolon getrennt
<Sortelement>	<Feldname>|<Feldnummer>	Name oder Nummer des zu sortierenden Feldes
<Sortfolge>	+ | -	Sortierfolge '+' (Plus, ASC) ist aufsteigend (default) oder '-' (Minus, DESC) absteigend
<Gruppierung>	GROUP;<Gruppenliste>	Schlüsselwort 'GROUP' gefolgt von Sortierelementen
<Gruppenliste>	<Gruppenelement> [;<Gruppenliste>]	ein oder mehrere Angaben mit Semikolon getrennt
<Gruppenelement>	<Feldname>|<Feldnummer>	Name oder Nummer des zu gruppierenden Feldes

Tabelle A-5: Operator-Liste

Op.	**Vergleichsziel**	**Oder**	**Definition**	**Beschreibung**	**Entspricht**
EQ	<Feldinhalt>|<Konstante>	=	EQUAL	Gleich	=
NE	<Feldinhalt>|<Konstante>	^=	NOT EQUAL	Nicht gleich	^=
LT	<Feldinhalt>|<Konstante>	<	LESS TO	Kleiner als	<
LE	<Feldinhalt>|<Konstante>	<=	LESS EQUAL	Kleiner gleich	<=
GT	<Feldinhalt>|<Konstante>	>	GREATER TO	Größer als	>
GE	<Feldinhalt>|<Konstante>	>=	GREAT EQUAL	Größer gleich	>=
IN	<Konstantenliste>	IN	IN	In nach-folgender Liste	IN (x,y,z)
NI	<Konstantenliste>	NOT IN	NOT IN	Nicht in Liste	NOT IN ...
BW	<Konstante>;<Konstante>	BETWEEN	BETWEEN	Zwischen x und y	BETWEEN x AND y
NB	<Konstante>;<Konstante>	NOT BETWEEN	NOT BETWEEN	Nicht zwischen	NOT BETWEEN
IS	<Konstante: NULL>	IS	IS NULL	Null-Wert (leer)	IS NULL
SN	<Konstante: NULL>	IS NOT	IS NOT NULL	Kein Null-Wert	IS NOT NULL

Tabelle A-6: Verknüpfungs-Liste

Operator	**Definition**	**Beschreibung**
AND	logisches UND	und zugleich
OR	logisches ODER	Oder
AND NOT	logisches UND NICHT	und nicht
OR NOT	logisches ODER NICHT	oder nicht

Den Ablauf eines Dialogbefehls zeigt Abbildung A-1.

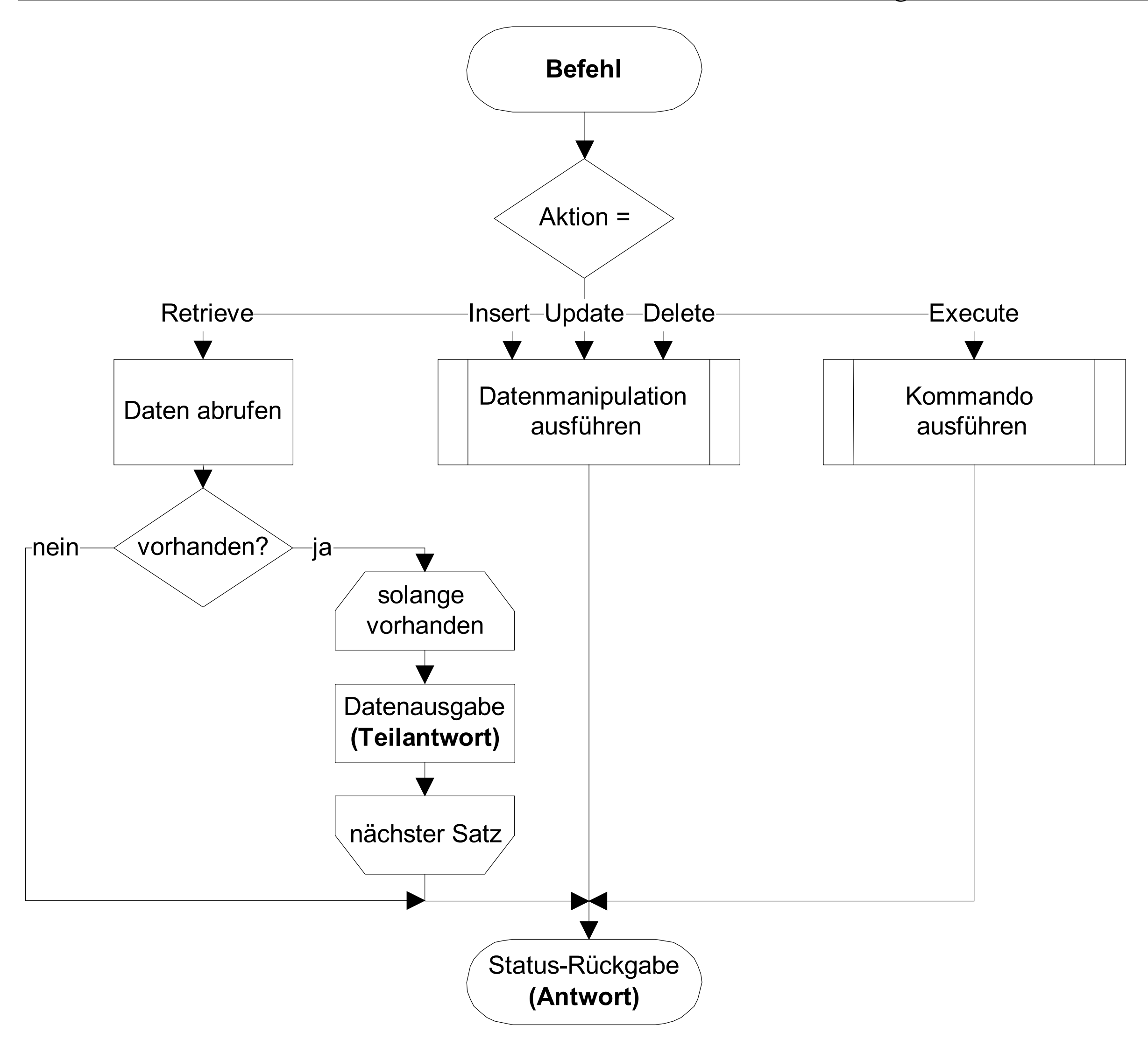


Abbildung A-1: Ablauf eines Meteo-Protokoll-Dialoges

- *Beispiel für typische Datenabrufe:*

Dialog - die Anfragen werden vom Client C gestellt und vom Server S beantwortet:

(Die Leerzeilen und Zeilenumbrüche innerhalb von Befehlen oder Antworten sowie die „...“ für ausgelassene Zeilen wurden zur besseren Lesbarkeit manuell eingefügt)

```
S: =0:0/200::MeteoServer %28c%29LTW 10.05.2000%3B Verbindung %2F14

C: *1:XS:LOGON/BNR15;PIN;MELD_WG:1;123456;1
S: =1:0/0:LOGON:Angemeldet. Privileg%3A Administrator

C: *2:RS:DSSTAT/STATNR;STATNAME;KFZ;RGBZ;GEOLNG;GEOBRT;ELEV:KFZ;EQ;FS;ORDER;STATNR;+
S: %2%1:-1/0:DSSTAT/STATNR;STATNAME;KFZ;RGBZ;GEOLNG;GEOBRT;ELEV:
       8;LBP Freising;FS;Obb;11.432;48.2432;470.1
S: %2%2:-1/0::9;Zurnhausen;FS;Obb;11.4635;48.2607;490.1
S: =2%3:0/0:DSSTAT/STATNR;STATNAME;KFZ;RGBZ;GEOLNG;GEOBRT;ELEV:
       Anzahl Datenzeilen - 2;
       SELECT STATNR,STATNAME,KFZ,RGBZ,GEOLNG,GEOBRT,ELEV FROM agm.DSSTAT
       WHERE  (  ( KFZ='FS'  )  ) ORDER BY STATNR ASC

C: *3:RS:VLH01/*:STATNR;EQ;8;AND;MTKEY;BW;01.09.2000/00.00.00;1.9.2000/23.59.59;ORDER;MTKEY;+
S: %3%1:-1/0:VLH01/MTKEY;STATNR;TA200;TA020;TS005;TS020;TS050;RH200;WV250;RAIN;GR000;LW100:
       01.09.2000 00%3A00;8;14.1;14;18.5;19.5;18.5;99.8;0.2;0;0;100
S: %3%2:-1/0::01.09.2000 01%3A00;8;14;13.9;18.1;19.3;18.5;99.8;0.1;0;0;100
...
S: %3%24:-1/0::01.09.2000 23%3A00;8;12.7;11.4;16.9;18.6;18.3;99.7;0;0;0;100
S: =3%25:0/0:VLH01/*:Anzahl Datenzeilen - 24;
       SELECT * FROM agm.VLH01 WHERE  (  ( STATNR=8  )
       AND  ( MTKEY  BETWEEN  '2000-09-01-00.00.00.000000'  AND  '2000-09-01-23.59.59.000000'  )
       ) ORDER BY MTKEY ASC

C: *4:RS:VLD01/MTKEY;TA200AVG;RAINSUM:
       STATNR;EQ;8;AND;MTKEY;BW;01.09.2000/00.00.00;10.09.2000/23.59.59;ORDER;MTKEY;+
S: %4%1:-1/0:VLD01/MTKEY;TA200AVG;RAINSUM:01.09.2000 00%3A00;15.8;1.8
S: %4%2:-1/0::02.09.2000 00%3A00;14.4;0.4
...
S: %4%10:-1/0::10.09.2000 00%3A00;15;%--
S: =4%11:0/0:VLD01/MTKEY;TA200AVG;RAINSUM:Anzahl Datenzeilen - 10;
       SELECT MTKEY,TA200AVG,RAINSUM FROM agm.VLD01 WHERE  (  ( STATNR=8  )
       AND  ( MTKEY  BETWEEN  '2000-09-01-00.00.00.000000'  AND  '2000-09-10-23.59.59.000000'  )
)
       ORDER BY MTKEY ASC
...


C: *10:XS:LOGOFF:
S: =10:0/0:LOGOFF:Abgemeldet. Verbindung wird geschlossen.
```

B Data Dictonary für MeteoServer

B.1 Meta-Datenkatalog

Entity/Attribut	**Type**	**Beschreibung**
Tabelle **DDPrivileg**	Manuell erstellte Tabelle	Zugriffsrechte auf öffentlich verfügbare Entitäten
Entity	Char(20)	Name der Entität oder DB-Tabelle
Action	Smallint	Aktionstyp 1-6, (implementiert 1 und 2) 1= Execute, 2= Retrieve, (3= Insert, 4= Delete, 5= Update, 6= Storno)
Privileg	Smallint	Notwendige Kompetenz

Entity/Attribut	**Type**	**Beschreibung**
View **VWDDObject**	Sicht auf DDPrivileg	Liste aller öffentlich verfügbaren Entitäten
Entity	Char(20)	Name der Entität oder DB-Tabelle

Entity/Attribut	**Type**	**Beschreibung**	**Quell-Entity aus Systemkatalog, bzw. HIT-Analogie**		
VWDDAttrib	View	Sicht auf Systemkatalog	IBM DB2 sysibm.syscolumns	Oracle all_tab_columns	HIT meldungen, elemente...
Entity	Char(30)	Tabellenname	TBNAME	TABLE_NAME	Entity/Tabentity
Attribut	Char(30)	Feldname	NAME	COLUMN_NAME	Tabfeld/Feld...
ID	Smallint	Spaltennummer	COLNO	COLUMN_ID	Feldnr
Type	Char(30)	Feldtyp	COLTYPE	DATA_TYPE	Format
Length	Smallint	Länge	LENGTH	DATA_LENGTH	Laenge
Scale	Smallint	Nachkomma	SCALE	DATA_SCALE	NK
Nulls	Char(2)	Y,N oder null	NULLS	NULLABLE	Required
Remarks	Char(xx)	Beschreibung	REMARKS	Nicht vorhanden	Bemerkung

B.2 Zugriffssteuerung

Beschreibung der notwendigen Kompetenzen:

Entity/Attribut	**Type**	**Beschreibung**
Tabelle **DSPrivileg**	Manuell erstellte Beschreibungstabelle	Definition der Zugriffssteuerung
Privileg	Smallint(2)	Kompetenz
Remarks	Char(80)	Beschreibung

Privileg	**Text = Beschreibung**
5	Alle Privilegien, Kompetenz X,R,I,D,U für alle Objekte
4	Datenlieferant, Kompetenz R für alle Objekte, X für Messdateneintrag
3	Alle Leseprivilegien, R für alle Objekte, X für eine Station je nach BNR15
2	Standard-Datenabruf, R für VLH, VLD und VW... für WWW und Batch-Abruf
1	Begrenzter Datenabruf, wie 2 aber nur für eine Station je nach BNR15

Ablage der notwendigen Kompetenzen

Entity/Attribut	**Type**	**Beschreibung**
Tabelle **DDLogon**	Manuell erstellte Tabelle	Definition der Zugriffssteuerung
BNR15	Number(15)	15-stellige Benutzernummer
PIN	Char(6)	Persönliche Identifikation
MELD_WG	Smallint	Meldeweg 1=BayStmELF-Programme
STATNR	Smallint	Stationsnummer oder 0=alle Stationen
PRIVILEG	Smallint	Kompetenz (entspr. DDPrivileg)

B.3 Liste der verfügbaren Entitäten:

Entität	**Typ**	**Bemerkung**
CNPAR	Tabelle	Parameter für Datenlieferungs-System
CNVLR	Tabelle	Ablaufsteuerung der Datenlieferung
CONTROL	Kommando	Serversteuerung und Kontrolle
DDPRIVILEG	Tabelle	Kompetenzen
DSDIST	Tabelle	Angaben zu Nachbarstationen
DSERZG	Tabelle	Angaben zu Erzeugungsgebieten
DSGMD	Tabelle	Angaben zu Verwaltungseinheiten
DSHTM01	Tabelle	Inhalte für HTML-Seiten
DSKLIMA	Tabelle	Angaben zum Regionsklima
DSLOGC	Tabelle	Logbuch der Datenlogger
DSMAPS	Tabelle	Zuordnung zu Teilgebietskarten
DSSCONF	Tabelle	Sensorkonfiguration der Stationen
DSSTAORT	Tabelle	Geografische Standortangaben
DSSTAT	Tabelle	Verwaltungsangaben zu den Stationen
DSSTYP	Tabelle	Sensorbeschreibung
HSSTAT	Tabelle	Verwaltungsangaben zu abgebauten Stationen
LOGOFF	Kommando	Zugangssteuerung
LOGON	Kommando	Abmeldung
VLD01	Tabelle	Geprüfte Tagesdaten Standardsensoren
VLD01	Tabelle	Geprüfte Tagesdaten Sondersensoren
VLERR	Tabelle	Fehlermeldungen
VLH01	Tabelle	Geprüfte Stundendaten Standardsensoren
VLH02	Tabelle	Geprüfte Stundendaten Sondersensoren
VLM01	Tabelle	Geprüfte 10-Minutendaten Standardsensoren
VLM02	Tabelle	Geprüfte 10-Minutendaten Sondersensoren
VLR	Kommando	Datenlieferung

Entität	Typ	Bemerkung
VLR01	Tabelle	Rohdaten-Standardsensoren
VLR02	Tabelle	Rohdaten-Sondersensoren
VWDSINFO	Sicht	Stations-Lageinformation
VWDSMAP1	Sicht	Zuordnung zu Stationskarten (WWW)
VWDSNACHBAR	Sicht	Lageinformation zu Nachbarstationen
VWDSSENSOR	Sicht	Stations-Ausstattung und Sensorparameter
VWDSSTAT	Sicht	Stations-Verwaltungsinformation

Diese Aufstellung bezieht sich auf die Applikationsserver Version 2.01 und kann erweitert oder eingegrenzt werden. Mit der Online-Abfrage des Data-Dictionary aus der Datenbank können die aktuellen Angaben verknüpft mit den Angaben zu allen Attributen ermittelt werden (Befehl CONTROL/DATADICT, siehe Anhang A).

C Aufbau der grafischen Benutzerschnittstelle

Die grafische Bedienoberfläche wurde durch statische und dynamische HTML-Seiten sowie den Webbrowser realisiert. Struktur und Aufbau der Seiten sind in Kapitel 5.3.5 beschrieben. Entsprechend der Aufgaben gibt es einen Menübaum für beliebige Anwender zur Datenabfrage und einen für den Betreiber zur Administration der Benutzerschnittstelle.

C.1 Datenabfrage durch Anwender

Diese Web-Seiten sind öffentlich zugänglich unter dem URL http://www.stmlf.bayern.de/lbp/agm/agm_start.html oder über die Startseite http://www.stmlf.bayern.de/ und den Navigationspfad Landwirtschaft – Pflanzenbau – Wetterdatenbank.

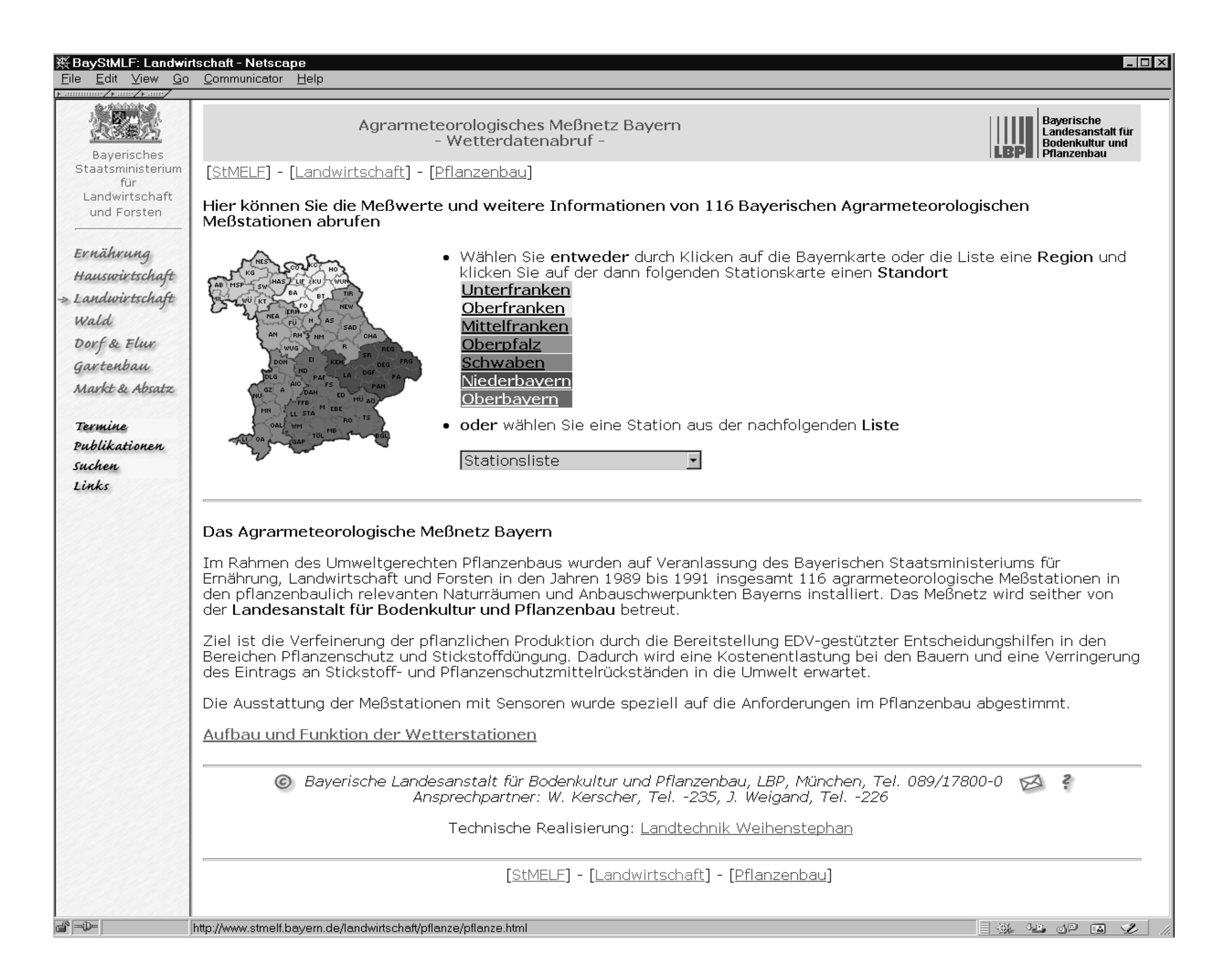


Abbildung C-1: Begrüßungsseite der Datenbereitstellung

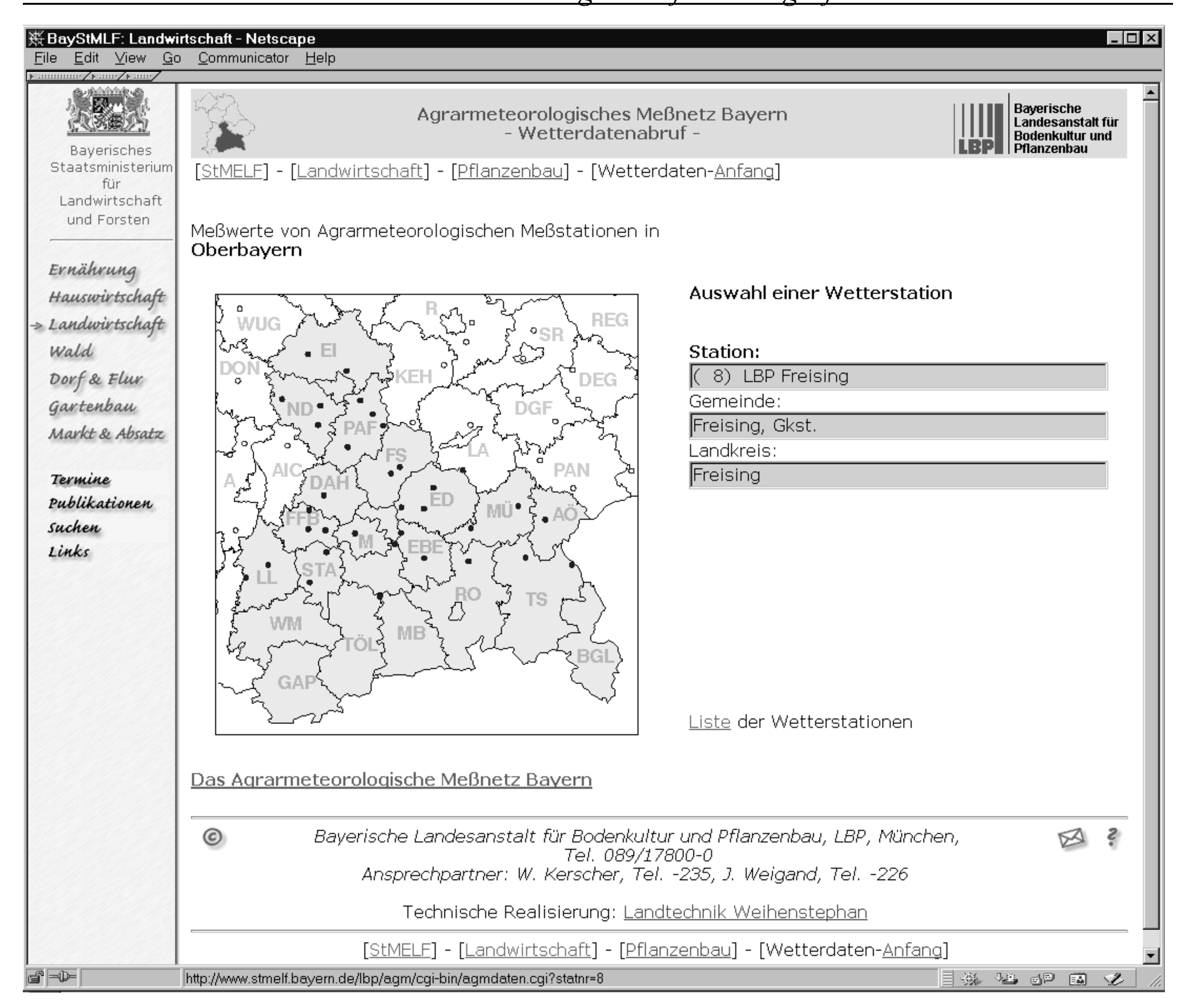
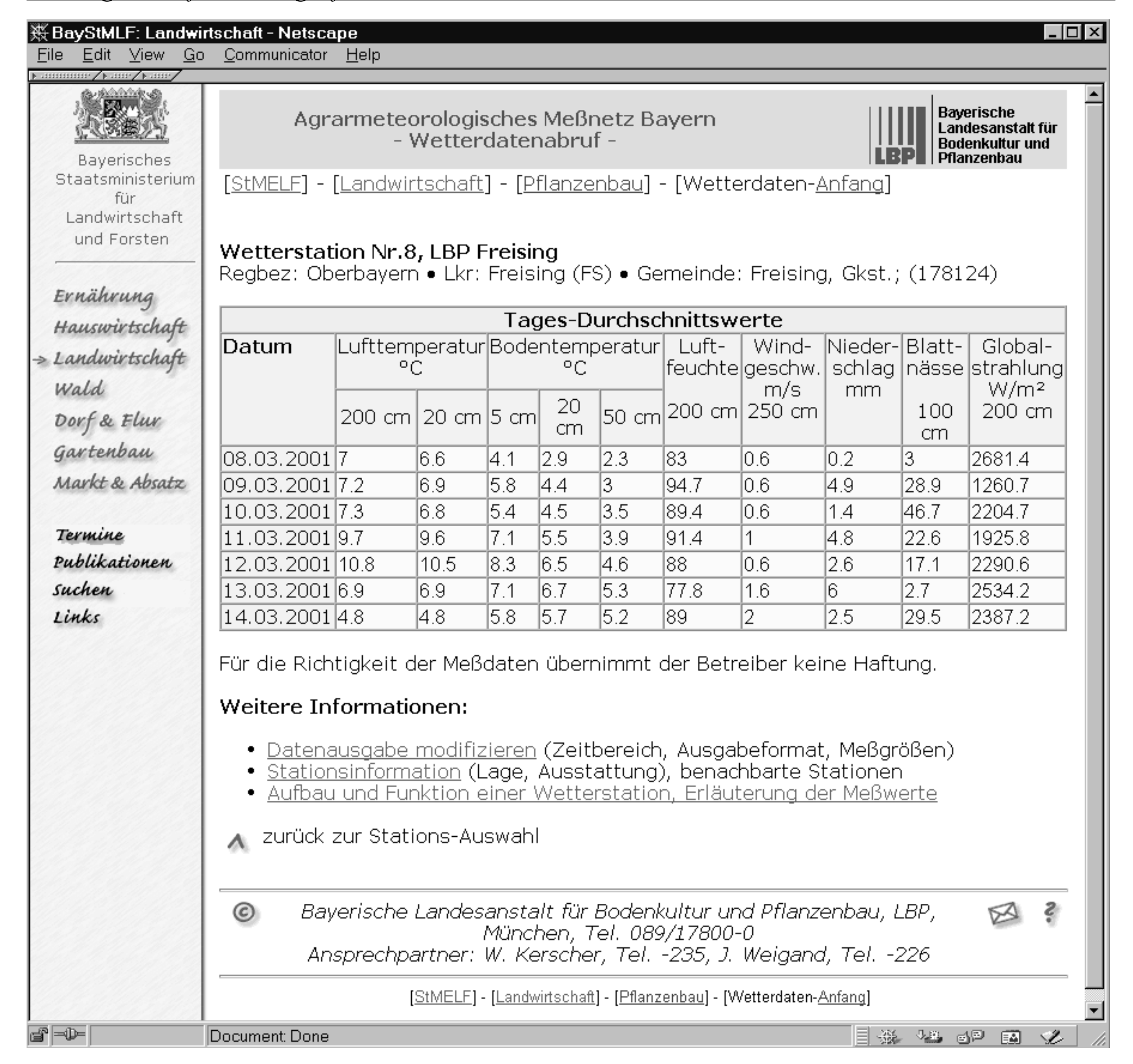


Abbildung C-2: Sensitive Karte zur Stationsauswahl.

In Abbildung C-2 befindet sich der Mauszeiger gerade im Gebiet um eine Messstation; eine Kurzinformation zu dieser Station wird eingeblendet. Außerhalb der sensitiven Bereiche um die Stationen wird eine entsprechende Aufforderung zum Bewegen des Mauszeigers auf eine Station gegeben.



BayStMLF: Landwirtschaft - Netscape

File Edit View Go Communicator Help

Bayerisches Staatsministerium für Landwirtschaft und Forsten

Ernährung
Hauswirtschaft
Landwirtschaft
Wald
Dorf & Flur
Gartenbau
Markt & Absatz

Termine
Publikationen
Suchen
Links

Agrarmeteorologisches Meßnetz Bayern
- Wetterdatenabruf -

LBP Bayerische Landesanstalt für Bodenkultur und Pflanzenbau

[StMELF] - [Landwirtschaft] - [Pflanzenbau] - [Wetterdaten-Anfang]

Wetterstation Nr.8, LBP Freising
Regbez: Oberbayern • Lkr: Freising (FS) • Gemeinde: Freising, Gkst.; (178124)

Tages-Durchschnittswerte

Datum	Lufttemperatur °C		Bodentemperatur °C			Luft-feuchte	Wind-geschw. m/s	Nieder-schlag mm	Blatt-nässe	Global-strahlung W/m²
	200 cm	20 cm	5 cm	20 cm	50 cm	200 cm	250 cm		100 cm	200 cm
08.03.2001	7	6.6	4.1	2.9	2.3	83	0.6	0.2	3	2681.4
09.03.2001	7.2	6.9	5.8	4.4	3	94.7	0.6	4.9	28.9	1260.7
10.03.2001	7.3	6.8	5.4	4.5	3.5	89.4	0.6	1.4	46.7	2204.7
11.03.2001	9.7	9.6	7.1	5.5	3.9	91.4	1	4.8	22.6	1925.8
12.03.2001	10.8	10.5	8.3	6.5	4.6	88	0.6	2.6	17.1	2290.6
13.03.2001	6.9	6.9	7.1	6.7	5.3	77.8	1.6	6	2.7	2534.2
14.03.2001	4.8	4.8	5.8	5.7	5.2	89	2	2.5	29.5	2387.2

Für die Richtigkeit der Meßdaten übernimmt der Betreiber keine Haftung.

Weitere Informationen:

- Datenausgabe modifizieren (Zeitbereich, Ausgabeformat, Meßgrößen)
- Stationsinformation (Lage, Ausstattung), benachbarte Stationen
- Aufbau und Funktion einer Wetterstation, Erläuterung der Meßwerte

zurück zur Stations-Auswahl

Bayerische Landesanstalt für Bodenkultur und Pflanzenbau, LBP, München, Tel. 089/17800-0
Ansprechpartner: W. Kerscher, Tel. -235, J. Weigand, Tel. -226

[StMELF] - [Landwirtschaft] - [Pflanzenbau] - [Wetterdaten-Anfang]

Document: Done

Abbildung C-3: Wochenübersicht als vorgefertigte Datenauswahl nach Mausklick auf eine Station

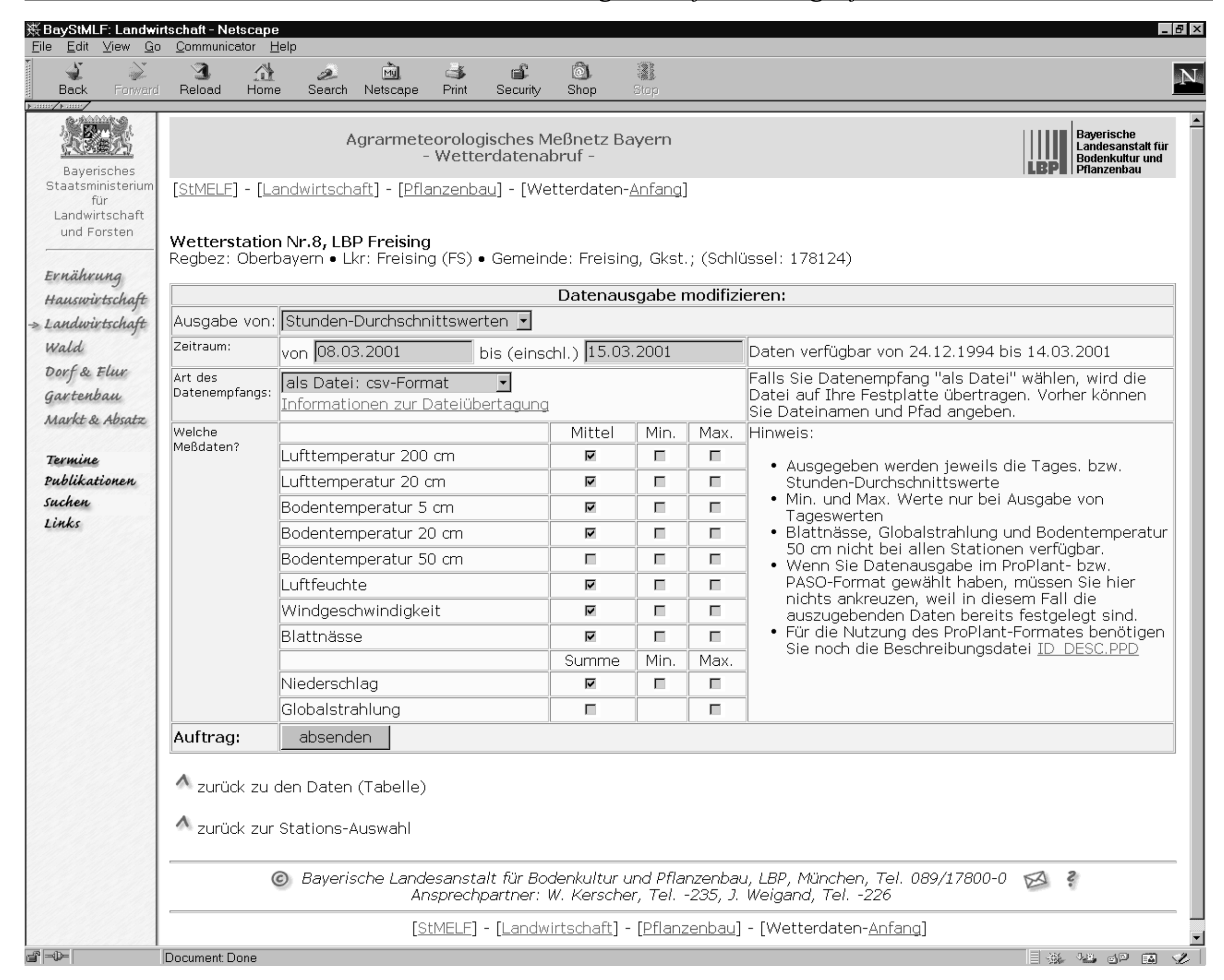
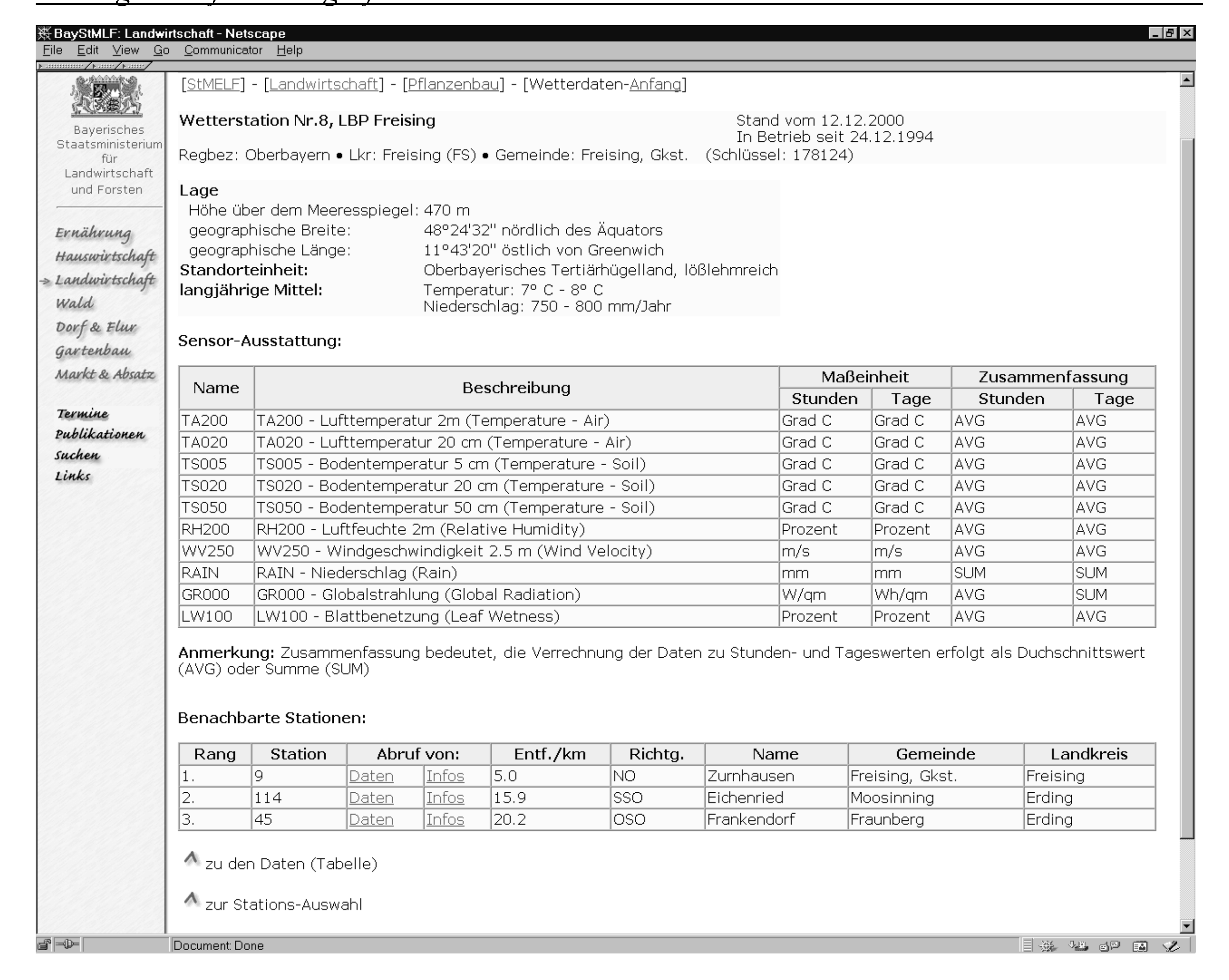


Abbildung C-4: Menü zur freien Auswahl von Datenbereich, zeitlicher Auflösung, Sensoren und Ausgabeformat



BayStMLF: Landwirtschaft - Netscape

File Edit View Go Communicator Help

Bayerisches Staatsministerium für Landwirtschaft und Forsten

Ernährung
Hauswirtschaft
Landwirtschaft
Wald
Dorf & Flur
Gartenbau
Markt & Absatz

Termine
Publikationen
Suchen
Links

[StMELF] - [Landwirtschaft] - [Pflanzenbau] - [Wetterdaten-Anfang]

Wetterstation Nr.8, LBP Freising

Stand vom 12.12.2000
In Betrieb seit 24.12.1994

Regbez: Oberbayern • Lkr: Freising (FS) • Gemeinde: Freising, Gkst. (Schlüssel: 178124)

Lage
Höhe über dem Meeresspiegel: 470 m
geographische Breite: 48°24'32" nördlich des Äquators
geographische Länge: 11°43'20" östlich von Greenwich
Standorteinheit: Oberbayerisches Tertiärhügelland, lößlehmreich
langjährige Mittel: Temperatur: 7° C - 8° C
Niederschlag: 750 - 800 mm/Jahr

Sensor-Ausstattung:

Name	Beschreibung	Maßeinheit		Zusammenfassung	
		Stunden	Tage	Stunden	Tage
TA200	TA200 - Lufttemperatur 2m (Temperature - Air)	Grad C	Grad C	AVG	AVG
TA020	TA020 - Lufttemperatur 20 cm (Temperature - Air)	Grad C	Grad C	AVG	AVG
TS005	TS005 - Bodentemperatur 5 cm (Temperature - Soil)	Grad C	Grad C	AVG	AVG
TS020	TS020 - Bodentemperatur 20 cm (Temperature - Soil)	Grad C	Grad C	AVG	AVG
TS050	TS050 - Bodentemperatur 50 cm (Temperature - Soil)	Grad C	Grad C	AVG	AVG
RH200	RH200 - Luftfeuchte 2m (Relative Humidity)	Prozent	Prozent	AVG	AVG
WV250	WV250 - Windgeschwindigkeit 2.5 m (Wind Velocity)	m/s	m/s	AVG	AVG
RAIN	RAIN - Niederschlag (Rain)	mm	mm	SUM	SUM
GR000	GR000 - Globalstrahlung (Global Radiation)	W/qm	Wh/qm	AVG	SUM
LW100	LW100 - Blattbenetzung (Leaf Wetness)	Prozent	Prozent	AVG	AVG

Anmerkung: Zusammenfassung bedeutet, die Verrechnung der Daten zu Stunden- und Tageswerten erfolgt als Duchschnittswert (AVG) oder Summe (SUM)

Benachbarte Stationen:

Rang	Station	Abruf von:		Entf./km	Richtg.	Name	Gemeinde	Landkreis
1.	9	Daten	Infos	5.0	NO	Zurnhausen	Freising, Gkst.	Freising
2.	114	Daten	Infos	15.9	SSO	Eichenried	Moosinning	Erding
3.	45	Daten	Infos	20.2	OSO	Frankendorf	Fraunberg	Erding

zu den Daten (Tabelle)

zur Stations-Auswahl

Document: Done

Abbildung C-5: Informationen zur Wetterstation mit Auswahlmenü zur Daten- oder Informationsabfrage von benachbarten Messstationen

C.2 Administration

Unter dem URL http://www.stmlf.bayern.de/lbp/agm/admin/agmadmin.htm sind die folgenden Web-Seiten zur Anpassung der Benutzerschnittstelle und Wartung der WWW-Datenbereitstellung abgelegt. Sie sind nicht öffentlich zugänglich, der Zugang erfolgt erst nach Anmeldung als berechtigter Benutzer.

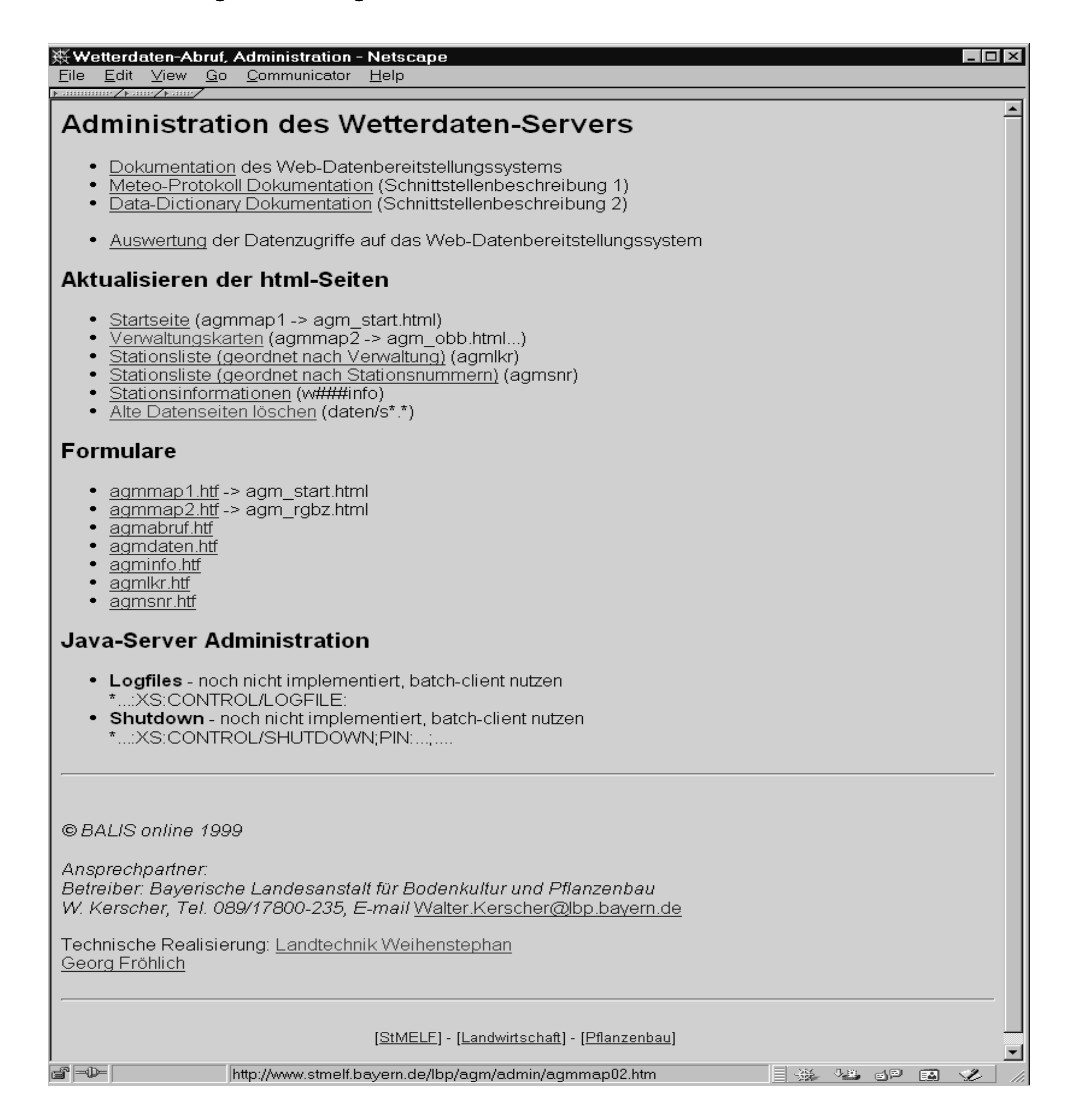


Abbildung C-6: Auswahlmenü zur Administration der Benutzerschnittstelle

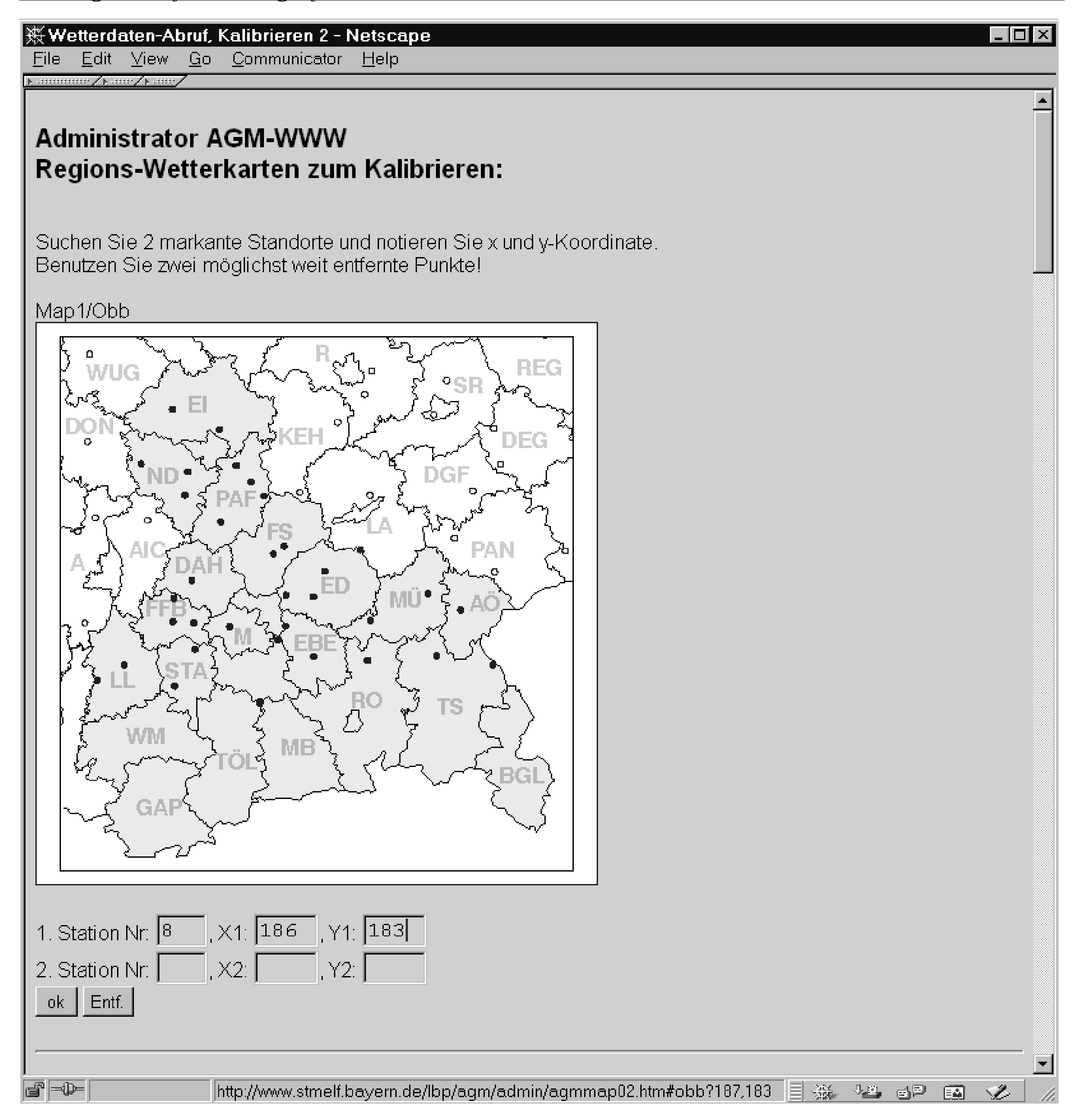


Abbildung C-7: Benutzerschnittstelle zum Einmessen der sensitiven Karten.

Zum Einmessen der sensitiven Karten, also zur Anpassung nach Erstellung einer neuen Grafik (z.B. weil eine Station verlegt wurde), bewegt der Administrator die Maus nacheinander auf zwei Stationen, deren Nummern ihm bekannt sind und gibt die Stationsnummer und die in der Web-Browser-Statuszeile angezeigten Koordinaten in die Dialogfelder ein (Abbildung C-7).

D Ergebnisse der Überprüfungen

D.1 Datenabrufsystem

D.1.1 Zuverlässigkeit

Die folgenden Darstellungen stellen die Grundlage für die im Kapitel 5.4.1 beschriebenen Zusammenfassungen zur Zuverlässigkeit der Datenübertragung im Bayerischen agrarmeteorologischen Messnetz zwischen Messstation und Datenabrufsystem dar. Gezeigt ist zum einen der Anteil der Messstationen mit funktionsfähigem Datenabrufsystem. In diesem Fall bedeutet ein Wert von 100% dass zu allen am Messnetz partizipierten Stationen an allen Tagen im Monat Einträge in die Datenbank vorgenommen werden konnten. Zum anderen ist der prozentuale Anteil der vollständig eingetragenen Datensätze im Zeitraum für die Jahre 1995 bis 1999 über die Zeit dargestellt. Ein Wert von 100% bedeutet, dass alle am Messnetz partizipierten Stationen an allen Tagen im Monat mindestens 143 Datensätze geliefert haben.

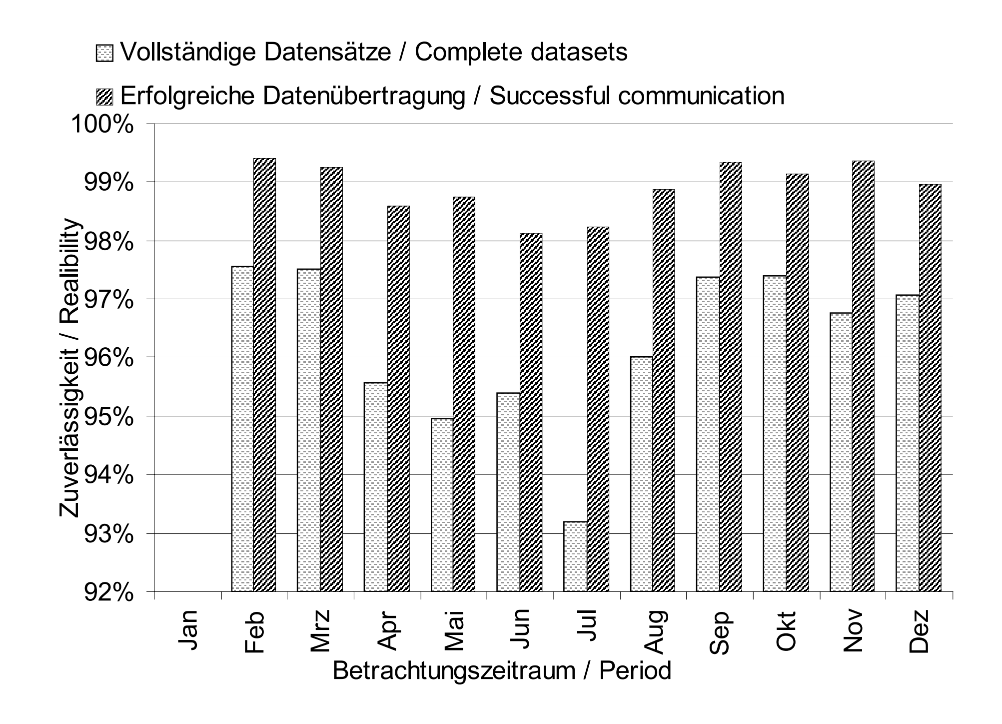


Abbildung D-1: Zuverlässigkeit der Datenübertragung im Jahr 1995

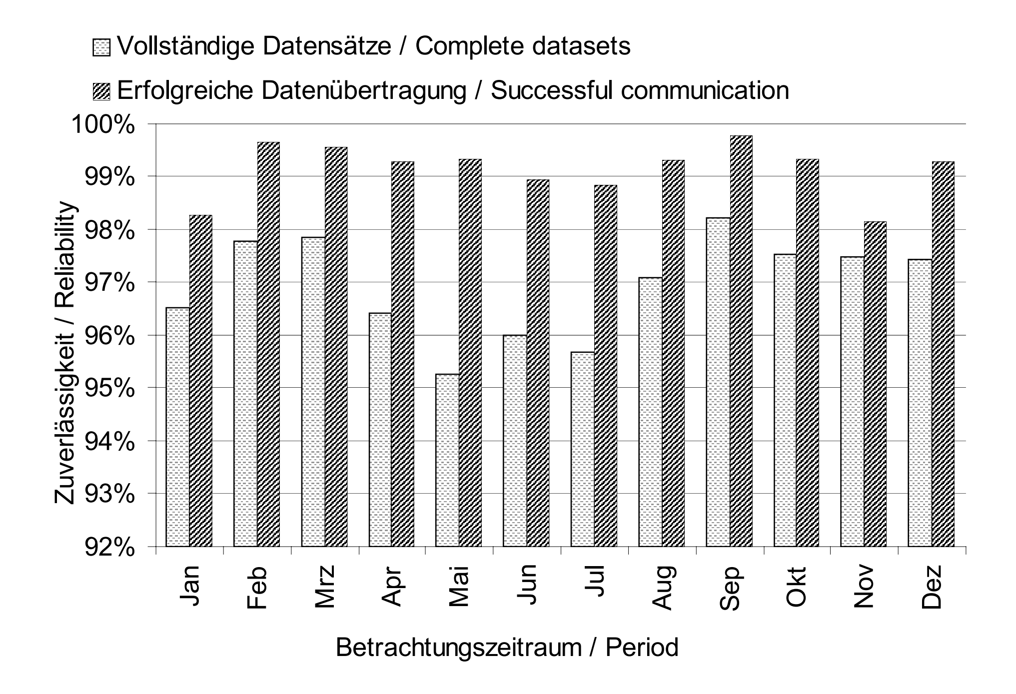


Abbildung D-2: Zuverlässigkeit der Datenübertragung im Jahr 1996

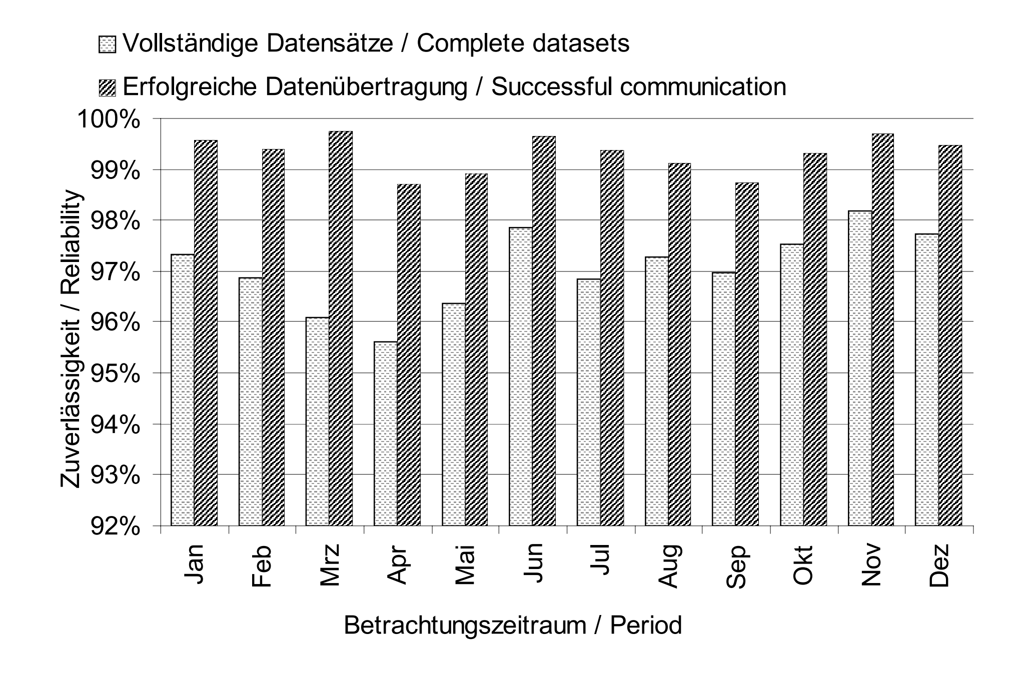


Abbildung D-3: Zuverlässigkeit der Datenübertragung im Jahr 1997

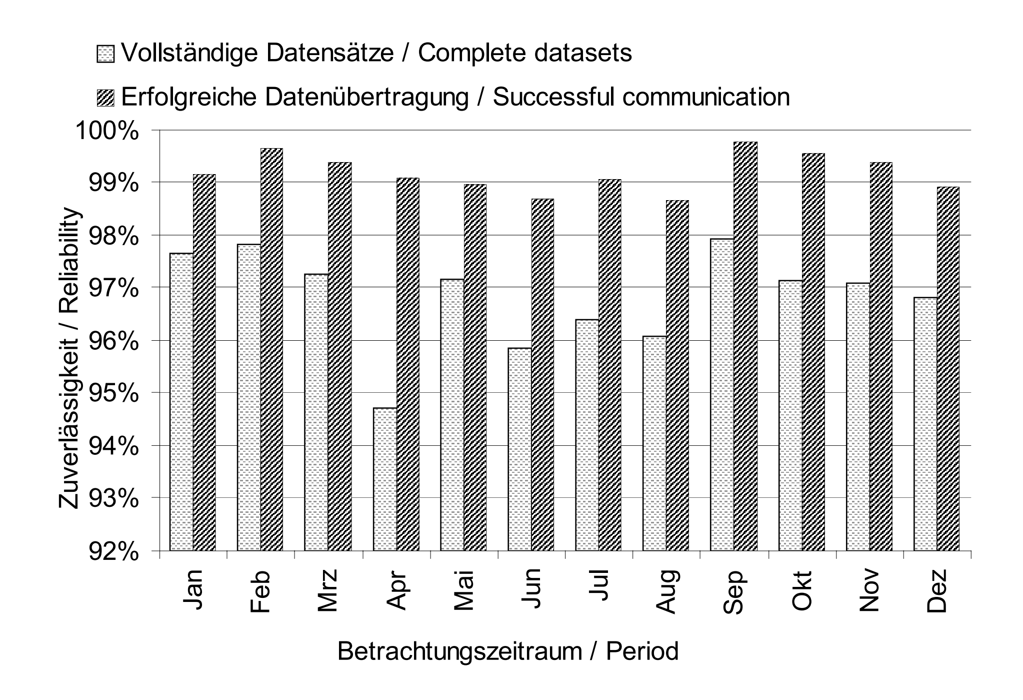


Abbildung D-4: Zuverlässigkeit der Datenübertragung im Jahr 1998

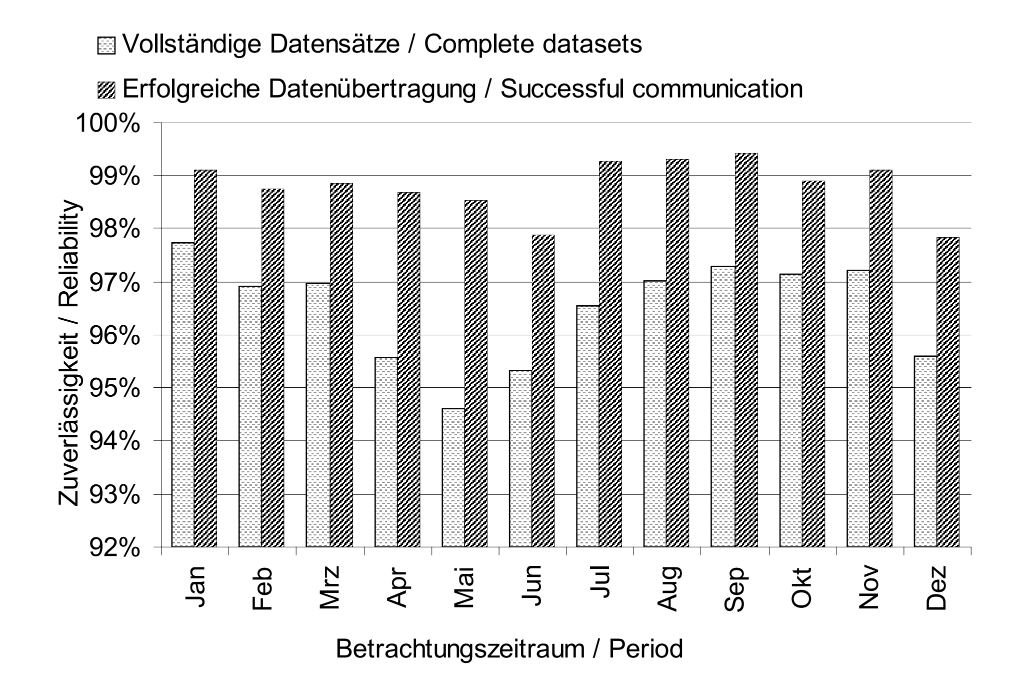


Abbildung D-5: Zuverlässigkeit der Datenübertragung im Jahr 1999

D.1.2 Übertragungszeiten

An den folgenden Darstellungen sind exemplarisch die Zeitreihen der Dauer der DFÜ und der Datenbankeinträge aufgezeigt. Die Punkte basieren auf den Mittelwerten aller Stationen für einen Tag (Abbildung D-6) bzw. auf den Mittelwerten für eine Station über das gesamte Jahr (Abbildung D-7).

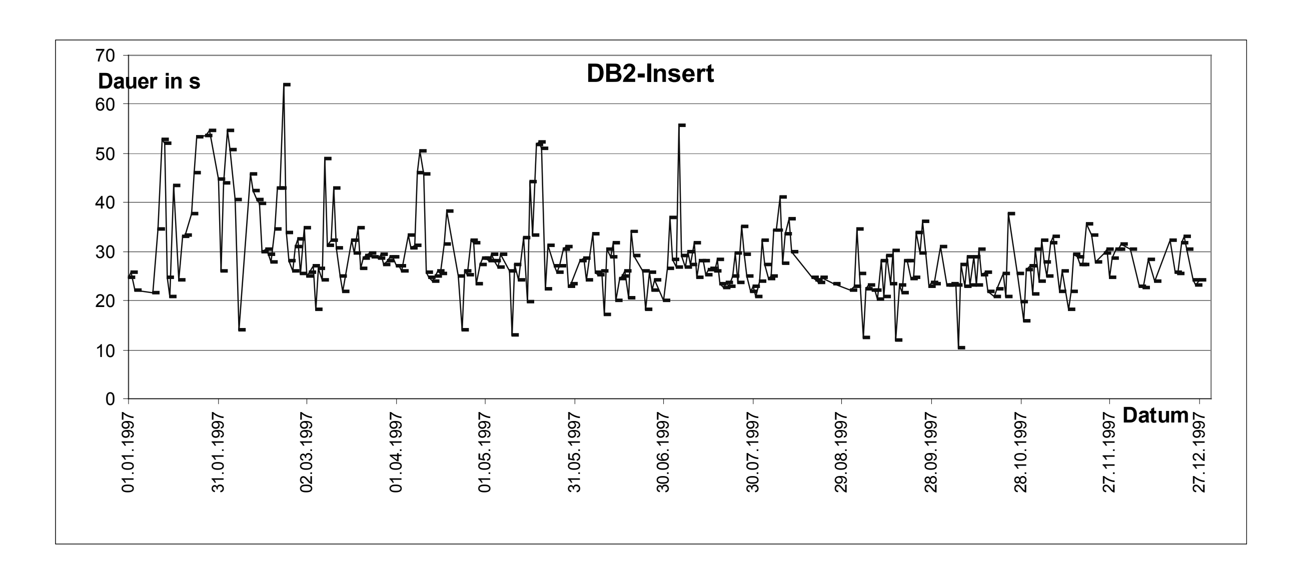


Abbildung D-6: Dauer der Datenbankeinträge, Mittelwerte über alle Stationen

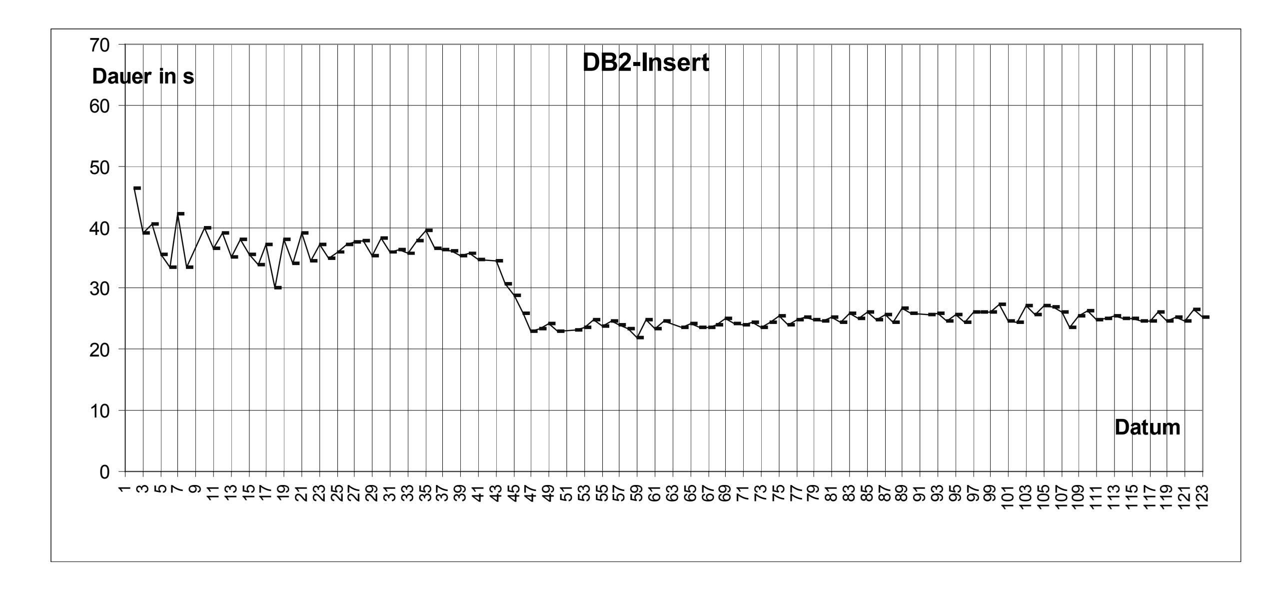


Abbildung D-7: Dauer der Datenbankeinträge, Mittelwerte über das Jahr 1997, Bis zum Zeitpunkt der Einträge von Station Nr. 43-47 lief eine leistungsintensive Anwendung parallel.

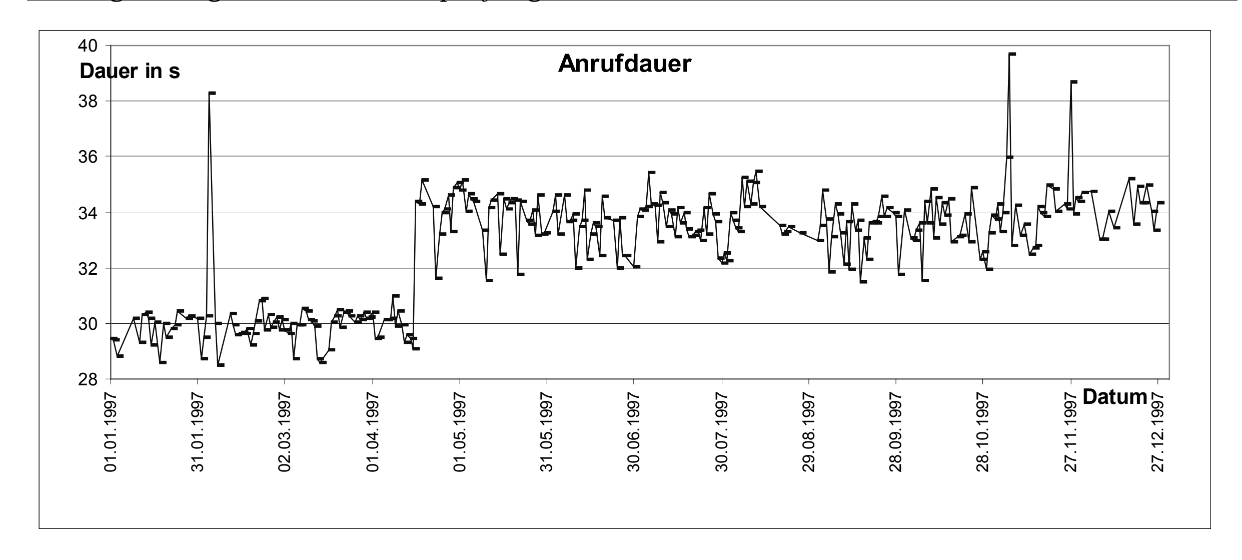


Abbildung D-8: Dauer der DFÜ, Zusammenfassung für alle Stationen, seit dem 16.4.97 findet innerhalb der DFÜ zusätzlich eine Momentanwertabfrage statt.

Grafische Darstellungen und Zusammenfassungen der Ergebnisse befinden sich im Kapitel 5.4.1

D.2 Datenbereitstellungssystem

Zur Beurteilung der Nutzung der angebotenen Daten wurden die Zugriffe auf die Webserver und Applikationsserver ausgewertet. Beim Test-Webserver http://www.tec.agrar.tu-muenchen.de wurden die access_log Dateien nach dem Verzeichnisbaum /lbp/agm durchsucht und um Zugriffe von internen Anwendern und identifizierbaren Suchmaschinen bereinigt. Zusätzlich fand die Aufteilung der Zugriffszahlen auf Zugriffe aus dem Bayerischen Behördennetz, also Clients aus der Domain bayern.de und externe Clients sowie eine Filterung zur Ermittlung der Anzahl der Datenabrufe statt. Auf diesem Server lag bis November 1999 die Hauptlast. Für den Produktionsserver (ab Ende November 1999 im Betrieb, http://www.stmlf.bayern.de/lbp/agm/) wurden die unter http://www.lbp.bayern.de/statistik/lbp/index.html verfügbaren, automatisch erzeugten Zugriffstatistiken ausgewertet, die um die Zugriffe aus der Domain bayern.de und bybn.de bereinigt sind (Behördennetz, Intranet).

Die Zugriffe auf den Applikationsserver wurden anhand der Logbuchaufzeichnungen ermittelt, in denen jeder Zugriff seitens eines Webservers mit der Clientadresse des Anwen-

ders registriert wird.

Tabelle D-1: Zusammenfassung der Anzahl der Zugriffe auf das Datenbereitstellungssystem

Monat	Besuche, gesamt	Datenabrufe	Datenbankanfragen
Mai 99	6345	3995	1572
Jun 99	6312	3760	1880
Jul 99	5287	2905	1622
Aug 99	3841	1578	1095
Sep 99	3531	1569	1482
Okt 99	2667	1179	793
Nov 99	5216	2520	1774
Dez 99	8101	4488	2663
Jan 00	8508	5625	3957
Feb 00	7493	4197	2921
Mrz 00	7239	3845	2919
Apr 00	8964	4979	4221
Mai 00	13226	7607	5408
Jun 00	7810	4424	4028
Jul 00	15116	11289	4290
Aug 00	9784	5769	3441
Sep 00	6736	3324	1660
Okt 00	8752	4366	2796
Nov 00	8793	4819	4430
Dez 00	7264	3289	2867
Mittelwert	7549	4276	2791
täglich	252	143	93

Da bei vielen Institutionen und Firmen auf Grund von Firewalls und Proxy-Cache-Servern jedoch verschiedene Anwender für den Webserver unter einer Adresse identifiziert werden, ist eine genaue Zählung nicht möglich. Die hier dargestellten Zahlen werden daher kleiner

sein, als die reale Anzahl der Zugriffe.

Tabelle D-2: Anzahl der Zugriffe auf die Webserver

Monat	**.html Seiten Testserver**			**Produktionsserver**
	Nur bayern.de	Gesamt	Anteil bayern.de	ohne bayern.de
Mai 99	559	2909	19%	
Jun 99	128	2680	5%	
Jul 99	280	2662	11%	
Aug 99	218	2481	9%	
Sep 99	195	2157	9%	
Okt 99	179	1667	11%	
Nov 99	152	2219	7%	1257
Dez 99	51	1756	3%	6045
Jan 00	63	1464	4%	6469
Feb 00	69	1999	3%	5105
Mrz 00	63	1891	3%	5104
Apr 00	59	1770	3%	6981
Mai 00	77	2117	4%	10377
Jun 00	74	1675	4%	5548
Jul 00	42	2045	2%	12333
Aug 00	49	2138	2%	7108
Sep 00	51	1943	3%	4475
Okt 00	74	2208	3%	5975
Nov 00	50	2333	2%	5727
Dez 00	52	2202	2%	4562

Tabelle D-3: Anzahl der Zugriffe auf den Applikationsserver

Monat	**Anzahl der Zugriffe auf den Applikationsserver**				**Bemerkung**
	ohne bayern.de	nur bayern.de	Gesamt	Anteil bayern.de	
Mai 99	1572	988	2560	39%	Mittelwert des Anteils von bayern.de (von Mai 99 bis November 99): 43%
Jun 99	1880	779	2659	29%	
Jul 99	1622	1299	2921	44%	
Aug 99	1095	1236	2331	53%	
Sep 99	1482	1663	3145	53%	
Okt 99	793	792	1585	50%	
Nov 99	1774	767	2541	30%	
Dez 99	2663	95	2758	3%	Ab Dezember 99 tägliche Zwischenspeicherung aller Datenübersichten in bayern.de per AltaVista Intranet. Diese Zugriffe wurden herausgefiltert, da so nicht eindeutig ist, ob die Daten genutzt werden.
Jan 00	3957	119	4076	3%	
Feb 00	2921	84	3005	3%	
Mrz 00	2919	27	2946	1%	
Apr 00	4221	36	4257	1%	
Mai 00	5408	59	5467	1%	
Jun 00	4028	58	4086	1%	
Jul 00	4290	5	4295	0%	
Aug 00	3441	625	4066	15%	
Sep 00	1660	1373	3033	45%	kein AltaVista Intranet Cache
Okt 00	2796	1612	4408	37%	
Nov 00	4430	1880	6310	30%	
Dez 00	2867	949	3816	25%	

Grafische Darstellungen und Zusammenfassungen der Ergebnisse befinden sich im Kapitel 5.4.2.